

Aus der Hals-Nasen-Ohrenklinik der  
Johannes Gutenberg-Universität Mainz  
(Direktor: Prof.Dr. W. Kley)

Zur Altersabhängigkeit der  
Latenzzeit in der  
Electric Response Audiometrie

Inauguraldissertation  
zur Erlangung der Würde  
eines Doktors der Zahnheilkunde  
vorgelegt den Medizinischen Fachbereichen  
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

von

Helga Reinhardt  
aus Sobernheim

Mainz 1973



Digitized by the Internet Archive  
in 2026

[https://archive.org/details/IA41554427\\_0035](https://archive.org/details/IA41554427_0035)

Aus der Hals-Nasen-Ohrenklinik der  
Johannes Gutenberg-Universität Mainz  
(Direktor: Prof.Dr. W. Kley)

Zur Altersabhängigkeit der  
Latenzzeit in der  
Electric Response Audiometrie

Inauguraldissertation  
zur Erlangung der Würde  
eines Doktors der Zahnheilkunde  
vorgelegt den Medizinischen Fachbereichen  
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

von

Helga Reinhardt  
aus Sobernheim

Mainz 1973



|               |                         |
|---------------|-------------------------|
| Referent:     | Prof. Dr. J. Theissing  |
| Koreferent:   | Prof. Dr. W. Kley       |
| Fachbereichs- |                         |
| Dekan:        | Prof. Dr. H. Langendorf |

Meinen Eltern



## Inhaltsverzeichnis

|                                      | Seite |
|--------------------------------------|-------|
| 1. Einleitung und Grundlagen der ERA | 1     |
| 2. ERA Anordnung und Durchführung    | 3     |
| 3. ERA-Auswertung                    | 7     |
| a. Schwellenmessung                  | 7     |
| b. Adaptationsmessung                | 10    |
| c. Latenzzeitmessung                 | 11    |
| 4. Klinische Anwendung               | 12    |
| 5. Eigene Untersuchungen             | 15    |
| a. Auswertung                        | 15    |
| b. Ergebnisse                        | 17    |
| 6. Diskussion                        | 52    |
| 7. Zusammenfassung                   | 55    |
| 8. Anhang: Tabellen                  | 57    |
| 9. Literaturverzeichnis              | 66    |



## 1. Einleitung und Grundlagen der ERA

In den letzten Jahren hat sich in der Audiometrie ein neues "objektives" Hörprüfverfahren eingeführt; die Electric Response Audiometrie oder auch CAG (Cerebro-Audio-Graphie) (DAVIS (3), DERBYSHIRE (5), PERL (14), THEISSING (23-28) u.a.).

Diese Methode basiert auf bereits früher in Tierexperimenten gewonnenen Erkenntnissen (ROSENBLOTH u. ROSENZWEIG (15), DAVID (2)). So lassen sich bei der Katze an jeder Stelle der Hörbahn im Bereich von der Schnecke bis zur Hörrinde nach akustischer Reizung Aktionspotentiale ableiten, deren Amplitude eine Abhängigkeit von der Reizstärke zeigt. Im Verlauf der Hörbahn lassen sich die Aktionspotentiale aber nicht reizsynchron ableiten, sondern es zeigt sich, daß die zeitliche Verschiebung, d.h. die Latenz, umso größer ist, je weiter die Ableitungsstelle vom Ort der Reizaufnahme entfernt ist.

Diese durch direkte Ableitung im Bereich der Hörbahn bei Tieren gewonnenen Erkenntnisse ließen erwarten, daß auch beim Menschen akustisch ausgelöste Aktionspotentiale abzuleiten sind. So gelang es, am eröffneten Mittelohr eines Menschen vom Rande des runden Fensters Nervenaktionspotentiale des Nervus Akustikus nachzuweisen (RUBEN (16)).

Die an der Hörrinde entstehenden akustischen Aktionspotentiale mußten danach an korrespondierenden Stellen der Schädelkalotte mit Hilfe des EEG's abzuleiten sein. Die Schwierigkeit der Erkennung dieser Reaktionen

im EEG liegt jedoch darin, daß ein einmaliger akustischer Reiz in den normalen Schwankungen des EEG's untergeht und sich damit einer genaueren Beurteilung entzieht (GEISLER (6), KEIDEL (8, 9, 10, 13), SPRENG (20)).

Um die akustisch ausgelösten Potentiale sichtbar zu machen, bedient man sich heute im allgemeinen des Mittelungsverfahrens mit Hilfe eines Computers (DAVIS (3), DAWSON (4), KEIDEL (7)). Dieses macht sich die Tatsache zunutze, daß die normalen EEG-Potentiale über die Zeit statistisch streuen, also Anzahl und Amplitude der EEG-Schwankungen zufällig auftreten. Bei genügend häufiger Mittelung heben sich die nichtreiz-synchronen elektrischen Aktivitäten, die aus den übrigen cerebralen Teilen stammen, durch Addition der negativen und positiven Schwankung auf. Wenn man nun akustische Reize von definierter Dauer und in immer gleichem Zeitabstand gibt, so werden diese nach genügend häufiger Gabe durch Summation und durch Nivellierung der anderen EEG-Potentiale als eine charakteristische Potentialschwankung erkennbar (KEIDEL (7, 11, 12)). Amplitude und zeitlicher Verlauf dieser Potentialschwankung wird durch verschiedene später noch näher zu erläuternde, teils bekannte, teils unbekannte Faktoren beeinflusst.

Inwieweit das Alter der Patienten dabei speziell für den zeitlichen Verlauf der Potentialschwankung von Bedeutung ist, wurde bisher noch nicht näher ermittelt und soll mit dieser Arbeit genauer untersucht werden.

## 2. ERA Anordnung und Durchführung

Die für die Untersuchungen benötigte Versuchsanordnung besteht auf der Reizseite aus abgeschirmten Kopfhörern, über die dem Patienten von einem nach Frequenz und Lautstärke geeichten Tongenerator kurze Sinustöne zugeleitet werden.

Die Ableiteseite beginnt mit drei etwa  $9\text{ cm}^2$  großen Elektroden am Kopf des Patienten, an Schläfe, Scheitel und im Nacken, die, um eine optimale Leitfähigkeit zu erzielen, mit einer Leitpaste auf NaCl-Basis bestrichen werden. Zwischen den Elektroden an Scheitel und Schläfe, entsprechend dem Bereich der Hörrinde, wird die Differenz der Aktionspotentiale, als Reaktion auf den akustischen Reiz, abgeleitet. Die Nackenelektrode dient der Erdung.  $9\text{ cm}^2$  haben sich als günstigste Elektrodengröße erwiesen, da mit zunehmender Größe zwar die Nutz- aber auch die Störspannung wachsen. Da man durch das Mittelungsverfahren den größten Teil der Störspannung eliminiert, kann man Elektroden dieser Größe verwenden (SPRENG (20)).

Die Meßanordnung sieht nun so aus, daß die von der Schädelkalotte abgeleiteten Spannungsdifferenzen einem EEG-Differenzenverstärker zugeführt werden. Von dort laufen die Informationen über einen Nachverstärker zum Computer, der die einzelnen Schwankungen mittelt. Im Nebenschluß dieser Anordnung liegt ein Oszillograph, auf dem man die erhaltenen Kurven beobachten kann. Ein XY-Schreiber notiert die nach der Mittelung resultierenden Kurven, so daß diese später gut auszuwerten sind und als Dokument verwendet werden können (Abb. 1).

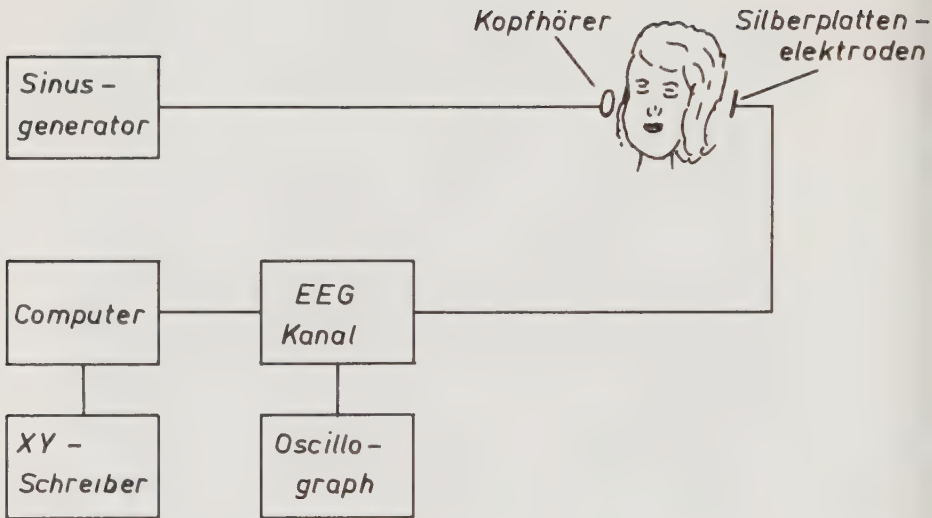


Abb. 1 Schema der Versuchsanordnung

Als Ergebnis erhält man eine Kurve (Abb. 2), die sich entsprechend der Länge des gegebenen Reizes über 500 msec ausdehnt. Sie gliedert sich in schnelle, mittlere und langsame Komponenten, wobei die interessierende charakteristische Hörschwankung in das Ende der schnellen Komponente bis in die mittlere Komponente fällt.

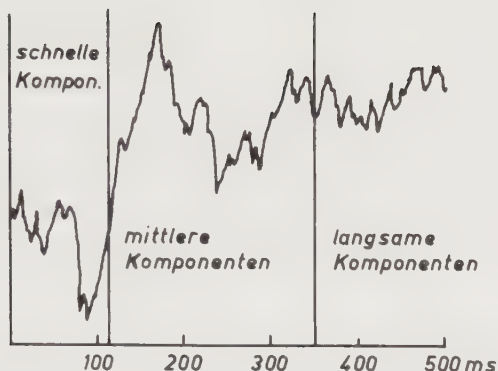


Abb. 2 gemittelte Potentialkurve, zusammengesetzt aus schnellen, mittleren und langsamen Komponenten (aus THEISSING (28))

Um zuverlässig auswertbare und miteinander vergleichbare Kurven zu erhalten muß beachtet werden, daß die Amplitude der Potentialschwankung von der Anzahl der Mittelungsschritte, der Pausendauer zwischen den einzelnen akustischen Signalen, der Dauer des Tonreizes, sowie von der Gesamtdauer der Untersuchung beeinflusst wird (SPRENG (17-20), THEISSING (26)).

Im allgemeinen ist eine Zahl von 40 bis 100 Mittelungsschritten ausreichend. Dies ist jedoch abhängig sowohl von der Intensität und Reizfolgefrequenz, als auch von der Größe der mitaufgezeichneten Störpotentiale (KEIDEL (8, 9, 10, 13), THEISSING (24, 25, 26)).

Eine Mittelungszahl von mehr als 100 bringt keine den zeitlichen Aufwand rechtfertigende Verbesserung des Signal-Störverhältnisses.

Wird die Dauer der Pausen zwischen den Tonreizen zu kurz gewählt, verändert sich die Form der Kurve durch Einwirken der Adaptation (SPRENG (19)). So bewirkt eine starke Adaptation eine Abnahme der Amplitude der Potentialschwankung. Als Zeit für die Pause empfehlen sich 2 bis 4 sec, um diese Adaptationseinflüsse auszuschalten.

Für die Tondauer haben sich als günstigste Zeit 0,5 bis 1,5 sec erwiesen, da bei einer stärkeren Verkürzung dieser Reizdauer sich das spezifische Potential verringert. Ebenso ist mit einem Absinken der Potentialhöhe zu rechnen, wenn die Untersuchung sich über mehr als 1 1/2 Std. erstreckt (THEISSING (26)).

### 3. ERA-Auswertung

Die Auswertung der mit der hier beschriebenen Methode erhaltenen Kurven befaßt sich vorwiegend mit der Potentialschwankung im Zeitbereich von 120 bis 230 msec, die nach ausführlichen Untersuchungen verschiedener Autoren (KEIDEL (8, 9, 10, 13), CODY u. BICKFORD (1), DAVIS u. YOSHI (3), STANGE, SODA, ZÖLLNER (22)) als hörspezifisch angesehen werden kann.

#### a. Schwellenmessung

Durch Ausmessen der Fläche unter der flächennegativen Spannungsschwankung läßt sich die Zahl der Ladungsänderungen erfassen, und man erhält somit ein Maß für die cerebrale Reaktion auf einen akustischen Reiz. Da dieses Verfahren einen relativ großen Zeit- und Arbeitsaufwand erfordert, hat man nach einer anderen Auswertmethode mit gleicher Aussagekraft gesucht.

Dazu bot sich das folgende Verfahren an, das die Auswertung der ermittelten Kurve vereinfacht. Die Amplitude, die sich zwischen dem flächennegativen Maximum und dem positiven Minimum im Bereich von etwa 190 bis 230 msec ergibt, wird als  $x$  bezeichnet. Als Bezugswert  $x_0$  dient die Breite der Registrierspur des gemittelten EEG's ohne Schalleinwirkung (Abb. 3). Für die Umrechnung in dB bedient man sich der Formel  $20 \lg x/x_0$  (SPRENG u. KEIDEL (20), THEISSING (28)). Dieser dB-Wert ist ein Maß für den cerebralen Erregungspegel. Mit ihm hat man eine in der Audiometrie für die Beurteilung des Gehörsystems auch nach an-

deren Hörprüfverfahren übliche Meßgröße, so daß man die Ergebnisse dieses Verfahrens mit denen anderer vergleichen kann.

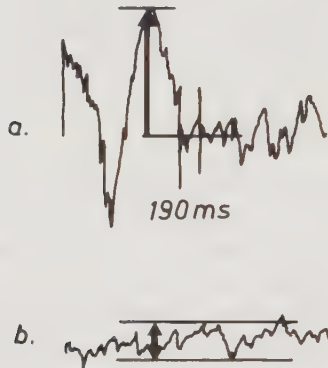


Abb. 3 Amplitudenmessung des gemittelten Potentials  
a. Das oberflächennegative Maximum bei etwa 130 ms nach Reizbeginn wird gegen den Mittelwert des Minimums bei 190 - 230 ms gemessen.  
b. Der für die Umrechnung in Dezibel erforderliche Bezugswert ist die Registrierspurbreite des gemittelten EEG's ohne Schalleinwirkung.  
(aus THEISSING (28))

Weiterhin erlaubt die Ausmessung der Amplituden in den verschiedenen Lautstärken und nach entsprechender Umrechnung in der oben genannten Weise die Aufzeichnung einer Reizstärke-Erregungs-Kennlinie in ein Koordinatensystem (KEIDEL (8, 9, 10, 13)). In diesem Koordinatensystem stellt die Abszisse die Lautstärke und die Ordinate die relative cerebrale Erregungsstärke dar. Verbindet man die Punkte, die sich durch Umrechnung der Amplitudengröße bei den einzelnen Schallintensitäten ergeben, so erhält man die Reizstärke-Erregungs-Kennlinie eines Ohres für eine bestimmte Frequenz (Abb. 4).

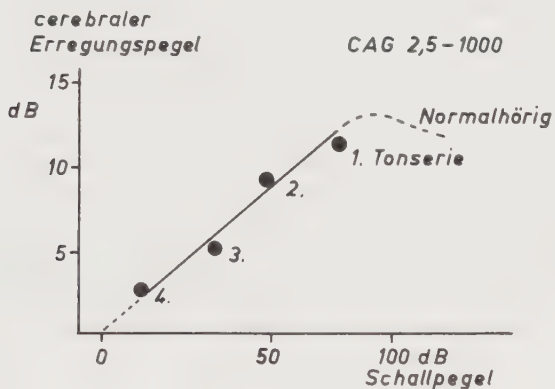


Abb. 4 Cerebroaudiogramm bei 2,5 sec Abstand zwischen den einzelnen Tönen einer Frequenz von 1000 Hz. Jeweils das Ergebnis einer Mittelung einer Schallintensität bei gleicher Frequenz ergibt einen der dick eingezeichneten Punkte (abgewandelt aus KEIDEL, SPRENG (20)).

Extrapoliert man diese durch überschwellige Messungen gefundene Linie bis zum Schnittpunkt mit der Abszisse, so erhält man die Hörschwelle für diese untersuchte Frequenz, d.h. die Lautstärke, die gerade noch gehört wird (KEIDEL (8, 9, 10, 13), KEIDEL und SPRENG (7, 11, 12)).

Andererseits läßt sich die Hörschwelle mit der ERA-Methode aber auch direkt bestimmen, indem man entweder von den höheren zu den niederen Lautstärken prüft, d.h. bis zu der Intensität, bei der gerade keine charakteristische Potentialschwankung mehr sichtbar ist, oder aber beginnend von niederen Intensitäten bis zum ersten Auftreten der charakteristischen Potentialschwankung. Dabei liegt die Streubreite der Schwellen im Vergleich mit konventionell erhaltenen Audiogrammen bei  $\pm 5$  dB bis  $\pm 15$  dB (THEISSING (27)).

Durch Anwendung dieses Verfahrens in anderen Frequenzen kann man ein vollständiges Audiogramm sowohl für Knochen- als auch für Luftleitung erstellen. Es muß aber in einzelnen klinischen Fällen abgewogen werden, ob der relativ große Zeitaufwand in Relation zur größeren Aussagekraft über das Hörvermögen des Ohres steht.

#### b. Adaptationsmessung

Wie schon vorher erwähnt machen sich Adaptationseinflüsse durch Verringern der Pausendauer zwischen den einzelnen akustischen Reizen dadurch bemerkbar, daß die Höhe der aufgezeichneten Potentiale abnimmt. Bei

der graphischen Darstellung fällt die Erregungskennlinie eines adaptierten Ohres gegenüber einem nicht adaptierten Ohr durch ihren flacheren Verlauf auf (KEIDEL (8, 9, 10, 13), STANGE (21)). Unterschiedliche Neigungen der Kennlinien können damit Hinweise auf vorliegende Adaptationsstörungen geben.

### c. Latenzzeitmessung

Eine andere Möglichkeit der Auswertung der mit der ERA-Methode gewonnenen Kurven besteht in der Beurteilung des zeitlichen Verlaufs der Potentialschwankung. Zum Ausmessen der Latenzzeit, d.h. der Zeit, die von Reizbeginn bis zum Auftreten der charakteristischen Potentialschwankung vergeht, bieten sich Minima und Maxima der Schwankung im hörspezifischen Zeitbereich an. Dabei konnte bisher festgestellt werden, daß eine Abnahme der Reizintensität eine Verlängerung der Latenzzeit zur Folge hat (THEISSING u. THEISSING (23)). Weiterhin wurde bei Schwerhörigen mit sicher diagnostizierten Läsionen im unteren Hörbahnbereich eine auffallende Dehnung des zeitlichen Ablaufs der Potentialschwankung beobachtet (THEISSING (25)).

#### 4. Klinische Anwendung

Gegenüber den bisher gebräuchlichen Hörprüfungen hat die hier beschriebene ERA-Methode den Vorteil, daß bei der Untersuchung Intelligenz und bewußte verstandesmäßige Mitarbeit der Patienten zur Erlangung klinisch verwertbarer Meßwerte nicht erforderlich sind. So bietet dieses Verfahren vor allem auf dem schwierigen Gebiet der Kinderaudiometrie die Möglichkeit, brauchbare Schwellenaudiogramme zu erstellen. Voraussetzung für die Aufzeichnung verwertbarer Kurven ist das Ableiten eines ruhig, ohne große Störpotentiale verlaufenden EEG's, was nur bei ruhigen Kindern gelingt. In nur etwa 20 % der Fälle lassen sich nach Untersuchungen von THEISSING (28), bedingt durch große kindliche Unruhe, die besonders bei schwerhörigen und cerebral geschädigten Kindern auftritt, keine verwertbaren Kurven aufzeichnen.

Für diese Fälle gibt der Autor jedoch die Durchführung der ERA-Methode in Narkose an, die es unter Berücksichtigung eines anderen zeitlichen Auftretens der charakteristischen Hörschwankung erlaubt, gleichermaßen zuverlässige Ergebnisse wie mit der üblichen ERA-Methode zu erlangen.

Da die Aufzeichnung der hörspezifischen Potentiale nicht die direkte Mitarbeit des Patienten verlangt, bietet sie weiterhin auch eine Möglichkeit, Simulanten zu entlarven und zu untersuchen, wobei man von der Tatsache ausgehen kann, daß bei Taubheit oder einer an Taubheit grenzenden Schwerhörigkeit kein Kurvenausschlag zu finden ist. Der umgekehrte Schluß

daß das Auftreten einer Potentialschwankung ein Hörvermögen bedeutet, ist jedoch nicht ohne weiteres zulässig, da in einem Fall meningitischer Ertaubung ein Kurvenausschlag beobachtet werden konnte, der durch Reaktionen pathologisch veränderter Restfasern zustandegekommen sein soll (THEISSING (25)).

Einige Erwartungen setzt man in diese Methode im Hinblick auf die Diagnostik zentraler Hörstörungen. Bei mehreren klinisch abgeklärten zentral ausgelösten Schwerhörigkeiten konnten Veränderungen im zeitlichen Ablauf der hörspezifischen Potentialschwankung festgestellt werden (THEISSING(25, 27)). Es handelt sich dabei um meningitische Schwerhörigkeit und Rautengrubentumor, die eine Dehnung des Zeitablaufs der Potentialschwankung zur Folge hatten. Daraus folgerte THEISSING (27), daß eine zeitliche Kurvendehnung auf eine Störung im unteren Hörbahnbereich schließen läßt.

Auf die Frage, welche Komponenten der hörspezifischen Potentialschwankung für die Diagnostik bestimmter Hörstörungen zu verwenden sind, zeigte sich nach statistischer Untersuchung, daß die Amplitude eine zu große Streubreite aufweist und damit für die Erkennung pathologischer Veränderungen nur begrenzt tauglich ist. Dagegen verhält sich der zeitliche Ablauf der Kurve relativ konstant, so daß eine Veränderung in dieser Größe als diagnostisches Mittel verwertbar scheint (THEISSING (27)).

Der Sinn dieser Arbeit soll sein, an Hand einer größeren Zahl normal hörender Patienten das Wissen über

den Zeitgang der Potentialschwankung zu erweitern; dabei soll insbesondere untersucht werden, ob und in wie weit das Alter der untersuchten Person den zeitlichen Verlauf der charakteristischen Schwankung beeinflussen kann.

## 5. Eigene Untersuchungen

Mit der unter 2. beschriebenen Versuchsanordnung wurden in einem ruhigen Kellerraum normalhörende Patienten aller Altersgruppen der Mainzer Universitätsklinik für Hals-Nasen-Ohrenkrankheiten untersucht.

Dem auf einem Stuhl sitzenden Patienten wurden über abgeschirmte Kopfhörer von einem Sinusgenerator Töne einer Frequenz von 1000 Hz und 500 msec Dauer gegeben. Der Pausenabstand zwischen den einzelnen Tönen betrug 2 sec. Variiert wurden die Lautstärken; es wurde insgesamt geprüft bei den Lautstärken von 100 dB, 90 dB, 80 dB, 60 dB und 40 dB.

### a. Auswertung

Von der sich deutlich abzeichnenden Hörschwankung wurden jeweils der Zeitpunkt des positiven und negativen Maximums in msec ausgemessen, was im Folgenden immer als 1. und 2. Latenzpunkt bezeichnet wird (Abb. 5).

Ausgewertet wurden 193 Fälle, wobei der jüngste Patient ein Jahr alt und der älteste zweiundsiebzig Jahre alt war. Nur die sich klar darstellenden Kurven wurden für diese Arbeit ausgewertet, so daß nicht alle aufgezeichneten Kurven Verwendung fanden. Außerdem wurden Aufzeichnungen von Audio-EEG's, die wegen anderer Zielsetzung erhoben wurden, mit in diese Auswertung aufgenommen. Daraus resultieren in den einzelnen Lautstärken in der gleichen Altersgruppe unterschiedliche Fallzahlen.

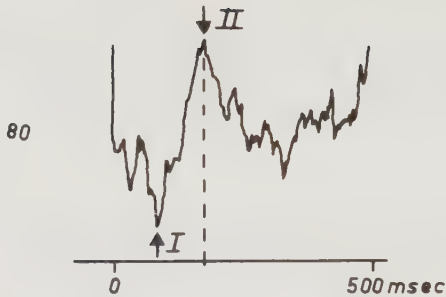


Abb. 5 Über Computer gemittelte Potentialkurve bei  
1000 Hz und 80 dB Lautstärke  
I = 1. Latenzzeitpunkt  
II = 2. Latenzzeitpunkt

Die vorliegenden Fälle wurden dem Alter der Patienten nach in acht Gruppen unterteilt:

|                   |               |
|-------------------|---------------|
| Altersklasse I    | 0 - 2 Jahre   |
| Altersklasse II   | 3 - 4 Jahre   |
| Altersklasse III  | 5 - 6 Jahre   |
| Altersklasse IV   | 7 - 10 Jahre  |
| Altersklasse V    | 11 - 15 Jahre |
| Altersklasse VI   | 16 - 25 Jahre |
| Altersklasse VII  | 26 - 50 Jahre |
| Altersklasse VIII | über 50 Jahre |

Bei den jüngeren Patienten wurden weniger Jahrgänge zu einer Altersklasse zusammengefaßt, als bei den er-

wachsenen Patienten, da in diesem Lebensabschnitt die geistige Entwicklung sehr schnell fortschreitet und demzufolge stärkere Unterschiede in der cerebralen Verarbeitungsweise zu erwarten sind. Bei den älteren Patienten ist dagegen eine stärkere Zusammenfassung der Jahrgänge möglich.

Aus den Einzelwerten der beiden Latenzzeitpunkte (Tab. 1 - 7 im Anhang) wurden in den einzelnen Altersklassen Mittelwerte gebildet, sowohl für die erste Latenzzeit und die zweite Latenzzeit der spezifischen Hörschwankung, als auch für die sich aus diesen beiden Zeitpunkten ergebende Differenzzeit. Es gilt für den Mittelwert:

$$\bar{x} = \left( \sum_{i=1}^n x_i \right) / n$$

für die Standardabweichung:

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 / (n-1)} = \sqrt{\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n x_i \right)^2 / (n-1)}$$

sowie für die Standardabweichung des Mittelwertes:

$$s_{\bar{x}} = S / \sqrt{n}$$

## b. Ergebnisse

Die Ergebnisse für Mittelwert, Standardabweichung und Standardabweichung des Mittelwerts sind im oberen Teil der Tab. 8 im Anhang für jede der gebildeten Altersgruppen in Abhängigkeit von der geprüften Lautstärke wiedergegeben. Zur Verdeutlichung der Beziehungen dieser Werte zueinander wurden verschiedene graphische Darstellungen gezeichnet.

Die Abb. 6 - 10 geben die Abhängigkeit der Latenzzeiten vom Alter wieder, wobei der Mittelwert der Latenzzeit jeweils über der Mitte der Altersklasse aufgetragen ist; d.h. in der Altersklasse 0 bis 2 Jahre wurde die Latenzzeit über dem Wert 1 Jahr, in der Altersklasse 3 bis 4 Jahre über dem Wert 3,5 Jahre aufgetragen, in der Altersklasse 5 bis 6 Jahre über dem Wert 5,5 Jahre, in der Altersklasse 7 bis 10 Jahre über dem Wert 8,5 Jahre, in der Altersklasse 11 bis 15 Jahre über dem Wert 13 Jahre, in der Altersklasse 16 bis 25 Jahre über dem Wert 20,5 Jahre, in der Altersklasse 26 bis 50 Jahre über dem Wert 38 Jahre und bei der Altersklasse über 50 Jahre bei dem Wert 60 Jahre. Auf der Ordinate wurden die Latenzzeiten in msec aufgetragen. In dieser ersten Gruppe von graphischen Darstellungen wurde jeweils die Intensität der gegebenen Reize konstant gehalten, d.h. für jede Lautstärke von 100 dB, 90 dB, 80 dB, 60 dB und 40 dB ist eine eigene Darstellung vorhanden.

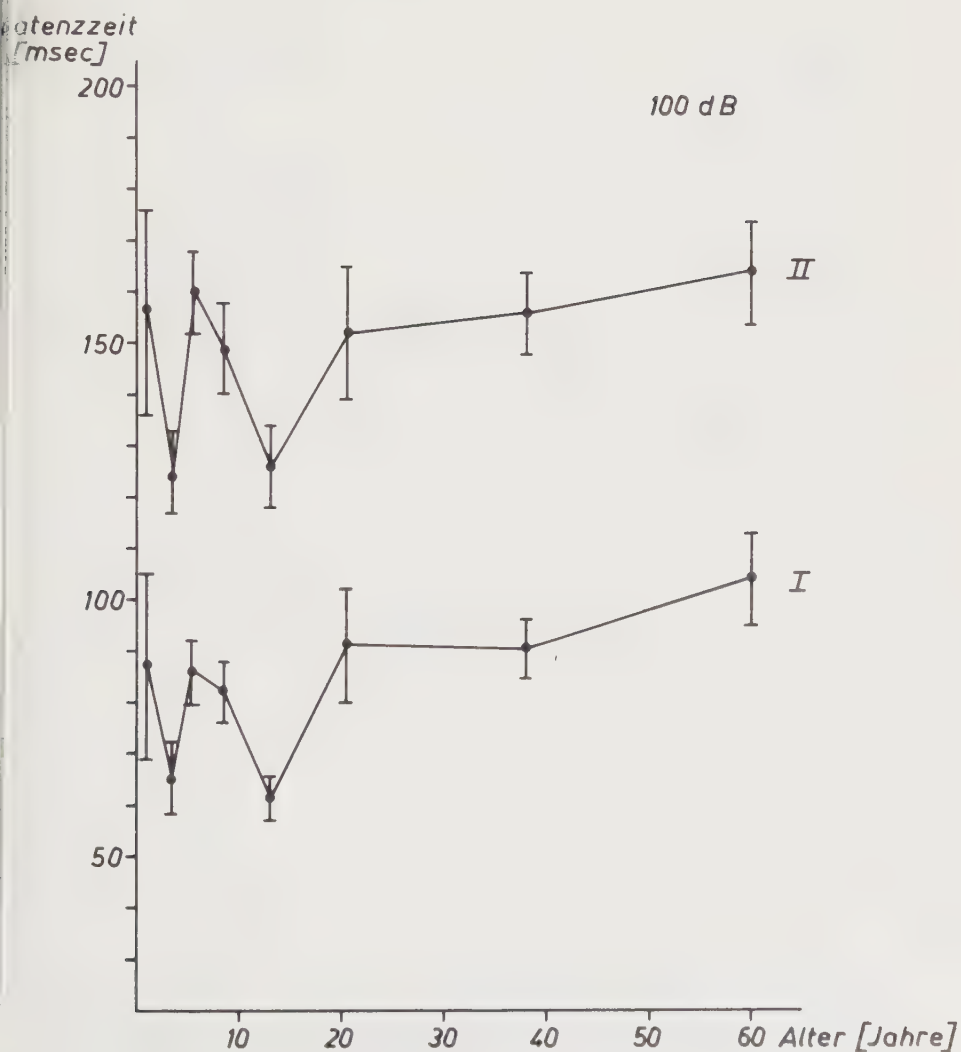
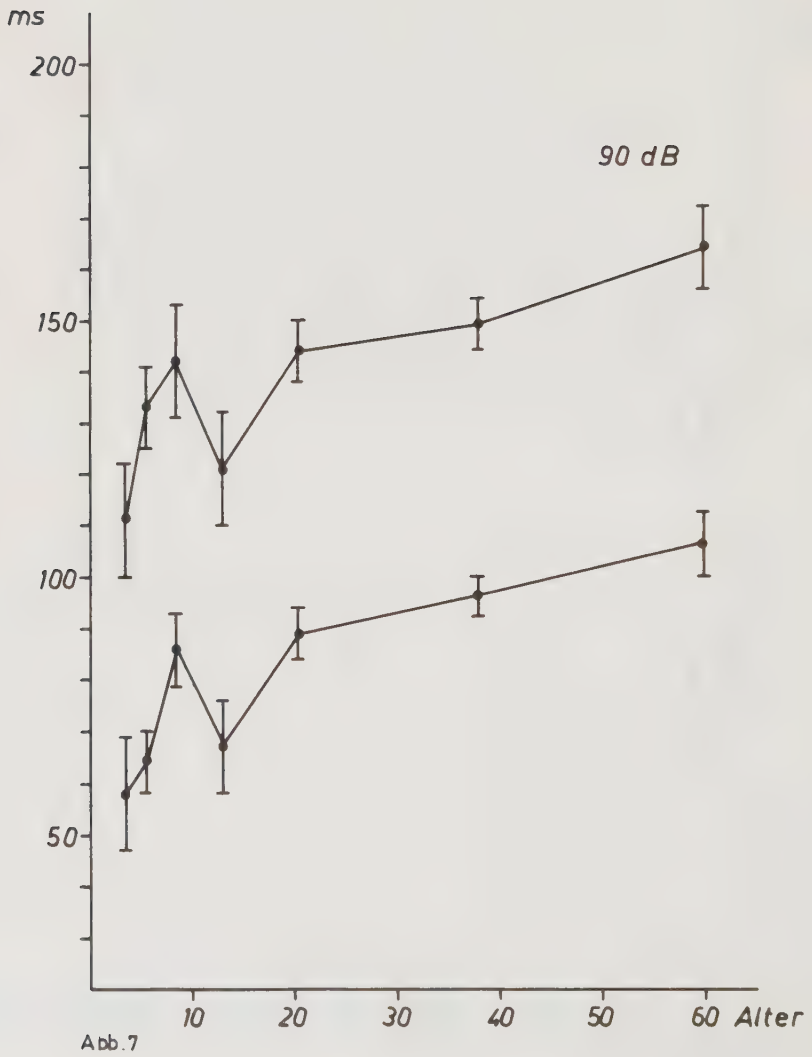


Abb. 6



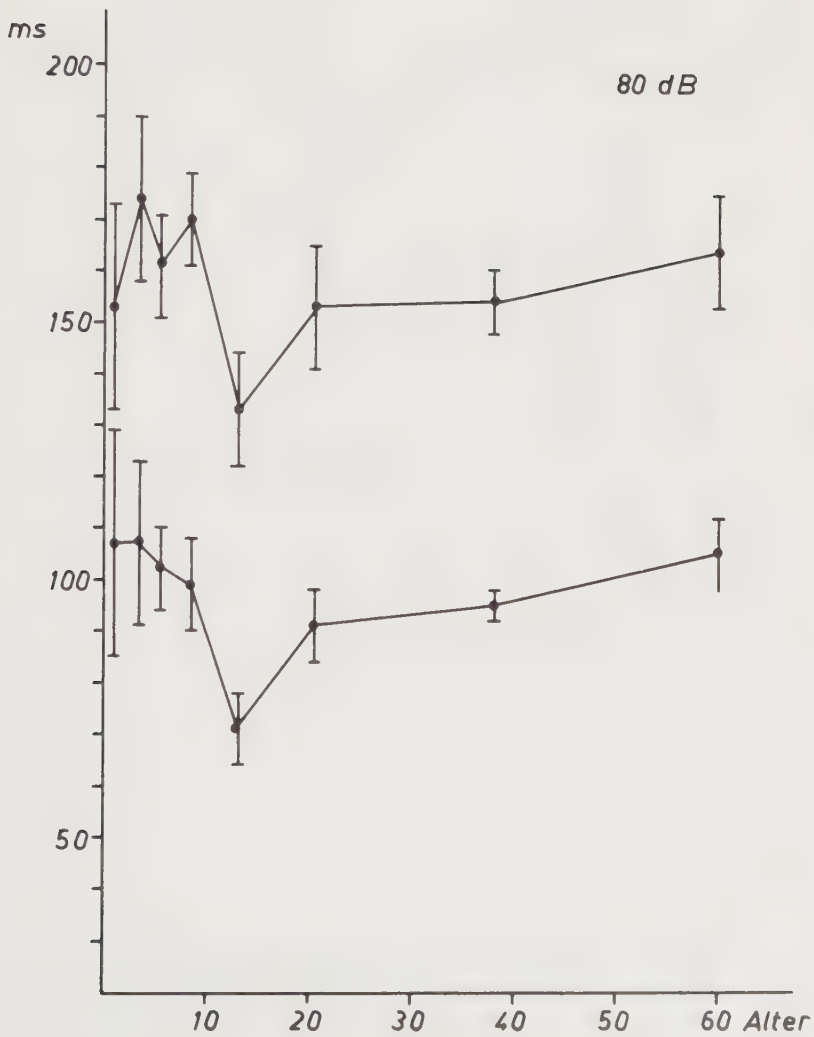


Abb. 8

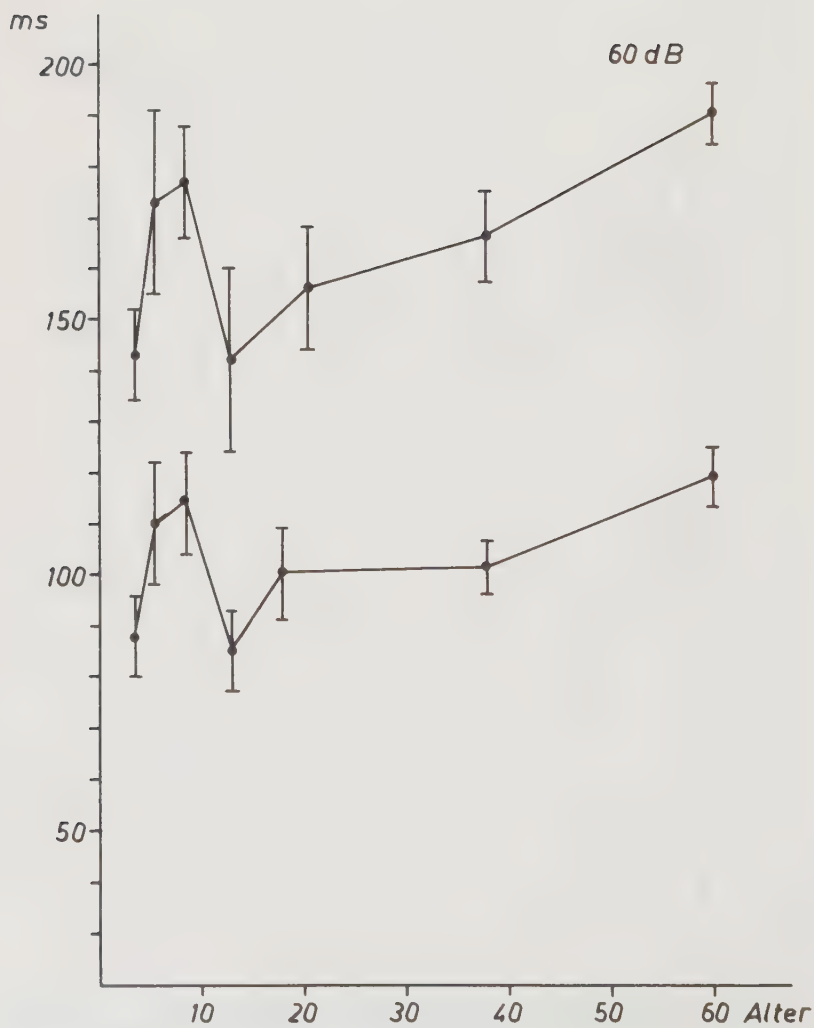


Abb. 9

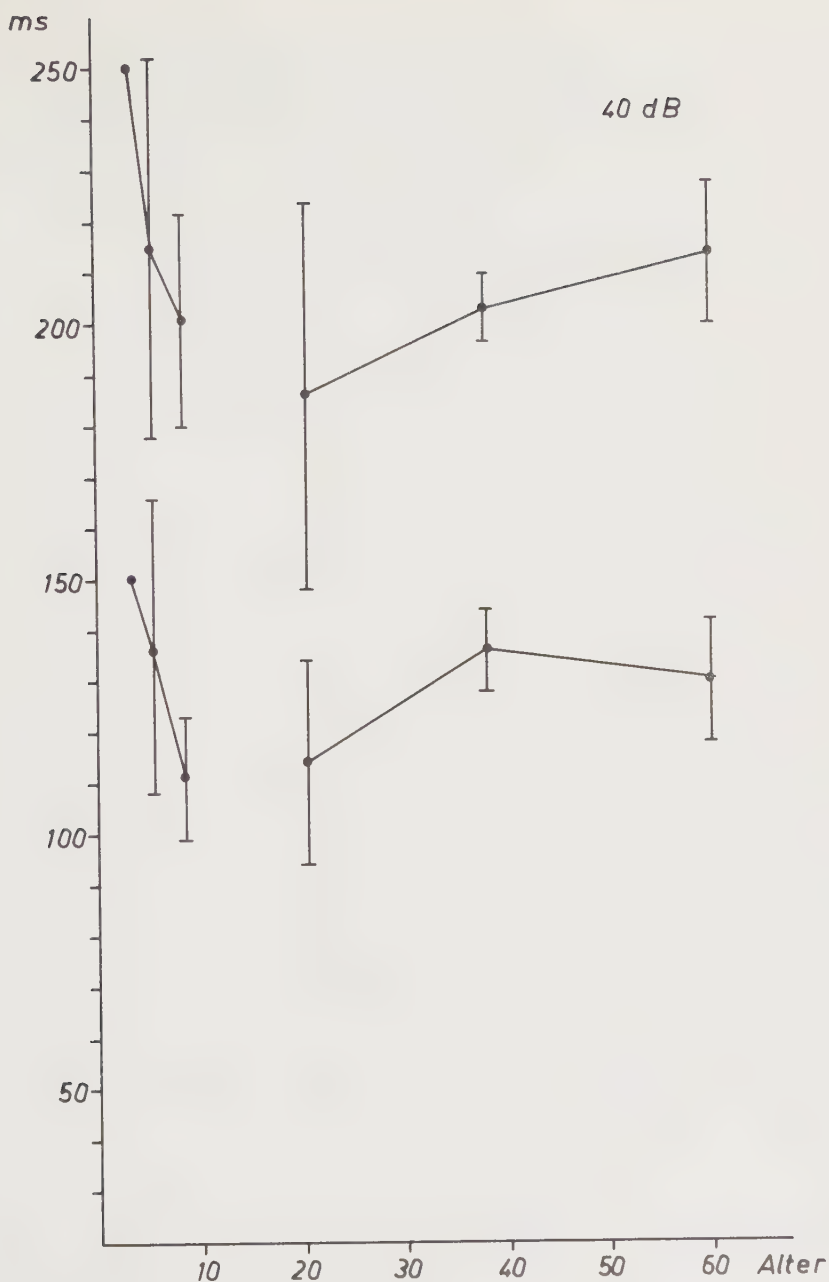


Abb. 10

zu Abb. 6 - 10 Mittelwert und Standardabweichung  
vom Mittelwert der 1. und 2. Latenz-  
zeit in Abhängigkeit vom Alter bei  
den Lautstärken 100 dB, 90 dB, 80 dB,  
60 dB und 40 dB.

Bei allen Kurven in sämtlichen Lautstärken zeigt sich ein stärkeres Schwanken der Latenzzeiten bei den jüngeren Altersgruppen. Beim Vergleich der Altersgruppen hebt sich die Gruppe der 11- bis 15-jährigen dadurch hervor, daß sie bei allen gemessenen Lautstärken die kürzesten Latenzzeiten aufweist. Dieser Erscheinung soll hier weiter keine große Bedeutung zugemessen werden, doch ist es interessant, da auch die moderne Psychologie für diese Altersgruppe ein Maximum der Aufnahmefähigkeit sieht. Außerdem zeichnet sich bei allen Kurven eine ansteigende Tendenz der Latenzzeiten mit zunehmendem Alter ab.

Um herauszufinden, ob bei einer bestimmten Lautstärke statistisch faßbare Unterschiede der Latenzzeiten zwischen den verschiedenen Altersgruppen festzustellen sind, wurde eine einfache Varianzanalyse vorgenommen. Für die Lautstärken 100 dB und 90 dB ergab die statistische Überprüfung für die erste Latenzzeit einen signifikanten Unterschied zwischen den verschiedenen Altersgruppen. Bei den niedrigeren Intensitäten zeigten sich keine signifikanten Unterschiede mehr.

Bei der Varianzanalyse der zweiten Latenzzeiten ergab sich für 100 dB ein auffälliger, für 90 dB ein signifikanter Unterschied zwischen den Altersklassen. Bei den niedrigeren Intensitäten war hier ebenfalls kein Unterschied festzustellen.

Zur Untersuchung der Frage, welche Altersgruppen sich bei den Lautstärken 100 dB und 90 dB in ihren Latenz-

zeiten statistisch unterscheiden, wurden orthogonale Kontraste zwischen je zwei Altersklassen gebildet und mit dem Scheffé-Test geprüft. Jedoch kein Kontrast erwies sich als signifikant auf dem 1 %-Niveau der Irrtumswahrscheinlichkeit.

Diese Ergebnisse deuten darauf hin, daß bei den hohen Reizintensitäten 100 dB und 90 dB der akustische Reiz von den verschiedenen Altersgruppen unterschiedlich schnell verarbeitet wird.

Da bei den Lautstärken 80 dB, 60 dB und 40 dB keine statistisch gesicherten Unterschiede für die einzelnen Latenzzeiten zwischen den verschiedenen Altersgruppen festgestellt werden konnten, ist es erlaubt, bei diesen Intensitäten Mittelwerte über alle Altersklassen zu bilden. Aus der Tab. 9 im Anhang sind die entsprechenden Zahlen zu entnehmen.

Die annähernde Parallelität der beiden Latenzzeitkurven bei allen Lautstärken läßt die Vermutung zu, daß keine großen Schwankungen der Differenzen zwischen den beiden Latenzzeiten zu erwarten sind. Die Abb. 11 - 15 verdeutlichen die Vermutung. Hier wurden die Mittelwerte der Differenzen zwischen erster und zweiter Latenzzeit für die verschiedenen Altersgruppen dargestellt. Die statistische Überprüfung mittels einfacher Varianzanalyse ergab für die Differenzen zwischen erster und zweiter Latenzzeit in allen Altersgruppen keine signifikanten Unterschiede, so daß es zulässig ist, hier Mittelwerte für die einzelnen Lautstärken zu bilden, die für alle Altersgruppen gültig sind. Die genauen Werte sind ebenfalls aus der Tab. 9 ersichtlich.

Differenz d.  
Latenzzeit  
[msec]

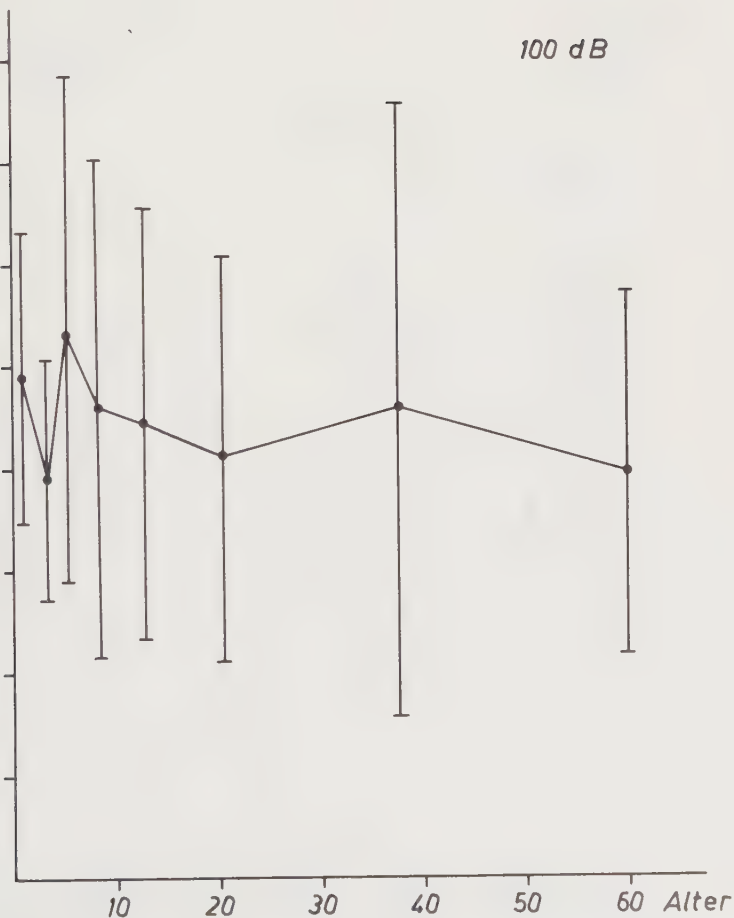
100

100 dB

50

Alter

Abb.11



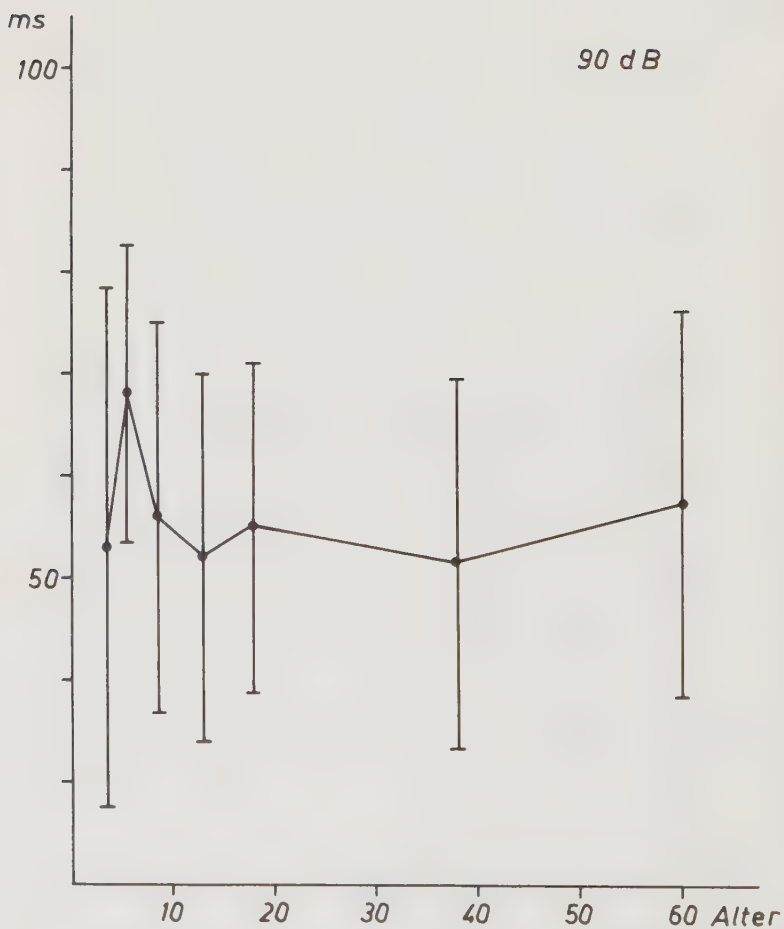


Abb. 12

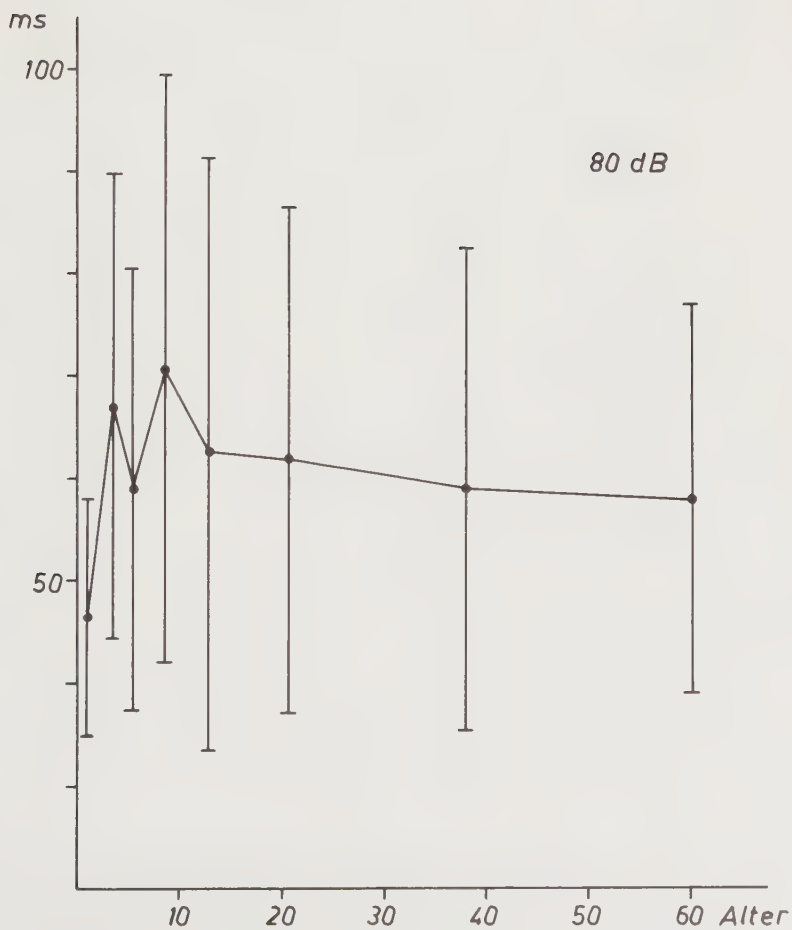


Abb.13

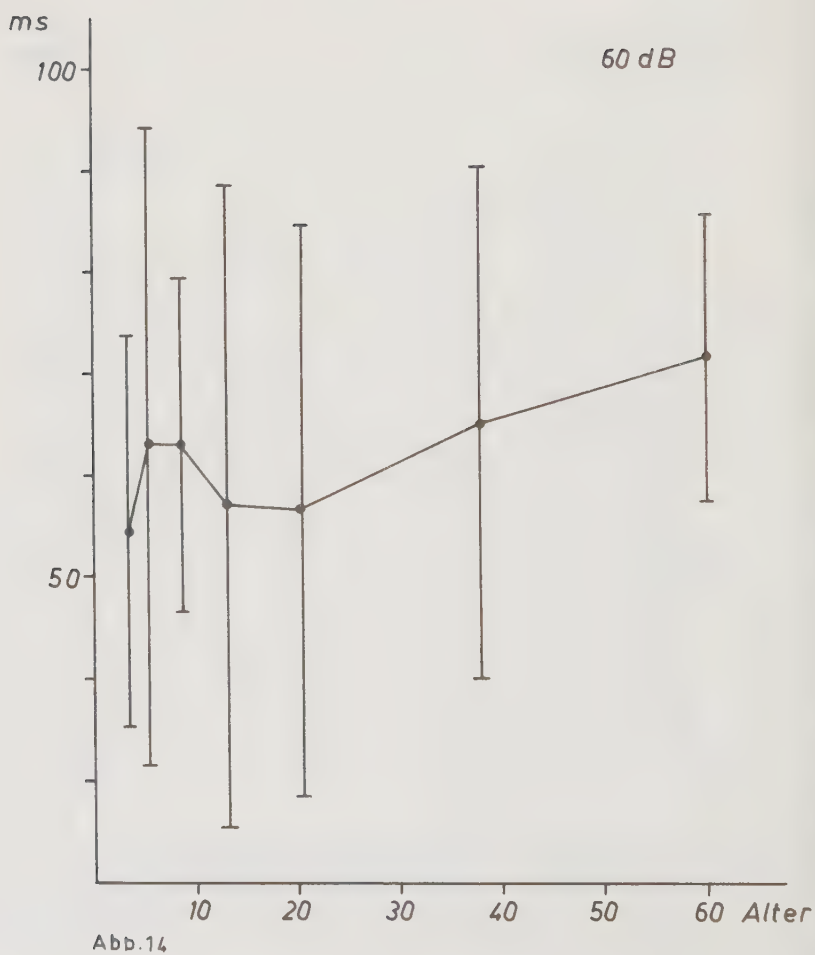




Abb.15

zu Abb. 11 - 15    Mittelwert und Standardabweichung  
der Differenz zwischen 2. und 1.  
Latenzzeit in Abhängigkeit vom  
Alter bei den Lautstärken 100 dB,  
90 dB, 80 dB, 60 dB und 40 dB.

Nimmt man nicht, wie oben durchgeführt, die einzelnen Lautstärken als konstanten Parameter und betrachtet die Latenzzeiten in Abhängigkeit von den einzelnen Altersgruppen, sondern hält die Altersgruppen konstant und stellt dann die Abhängigkeit der aufgetretenen Latenzzeiten von der Lautstärke dar, so ergeben sich für die Mittelwerte und ihre Standardabweichung die Abb. 16 - 22.

Latenzzeit  
[ms]

Alter: 3-4 Jahre

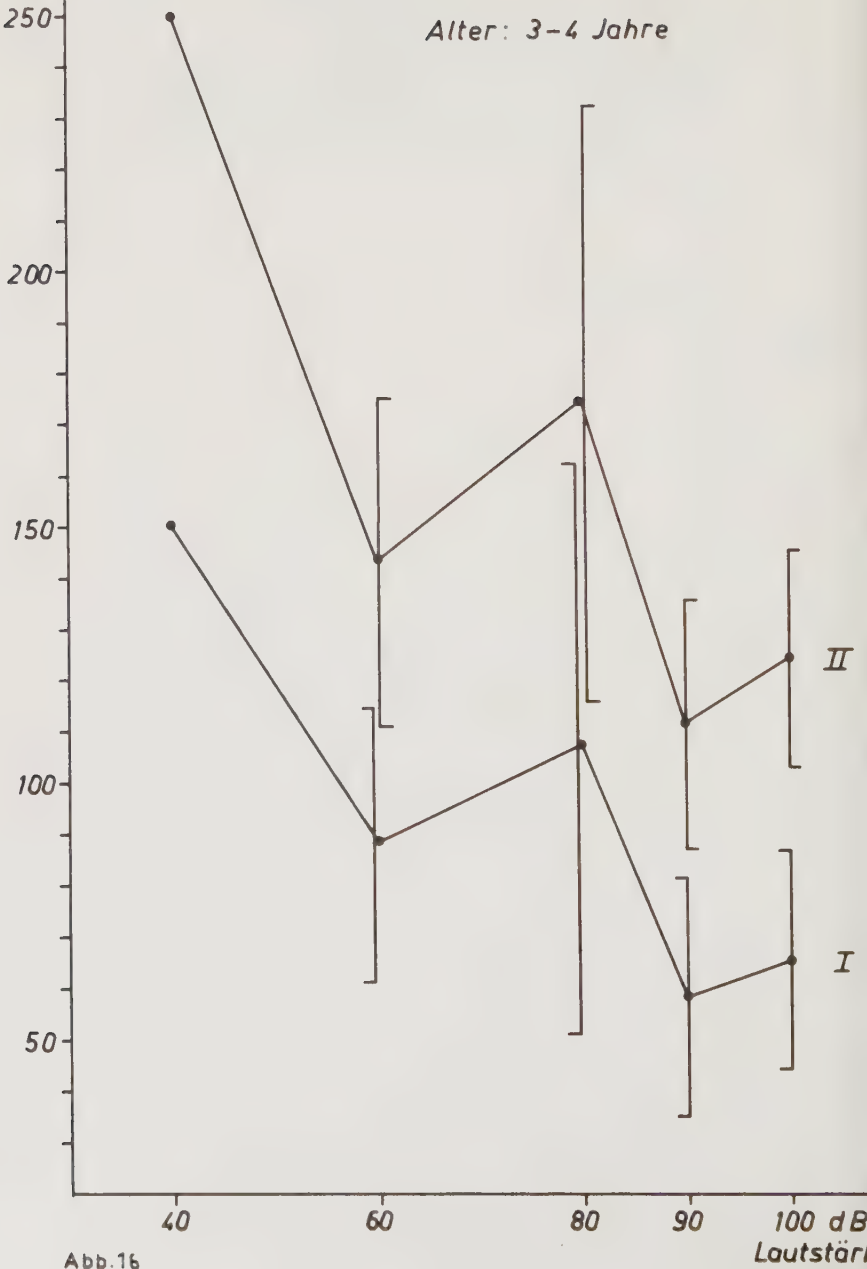


Abb. 16

Lautstärke

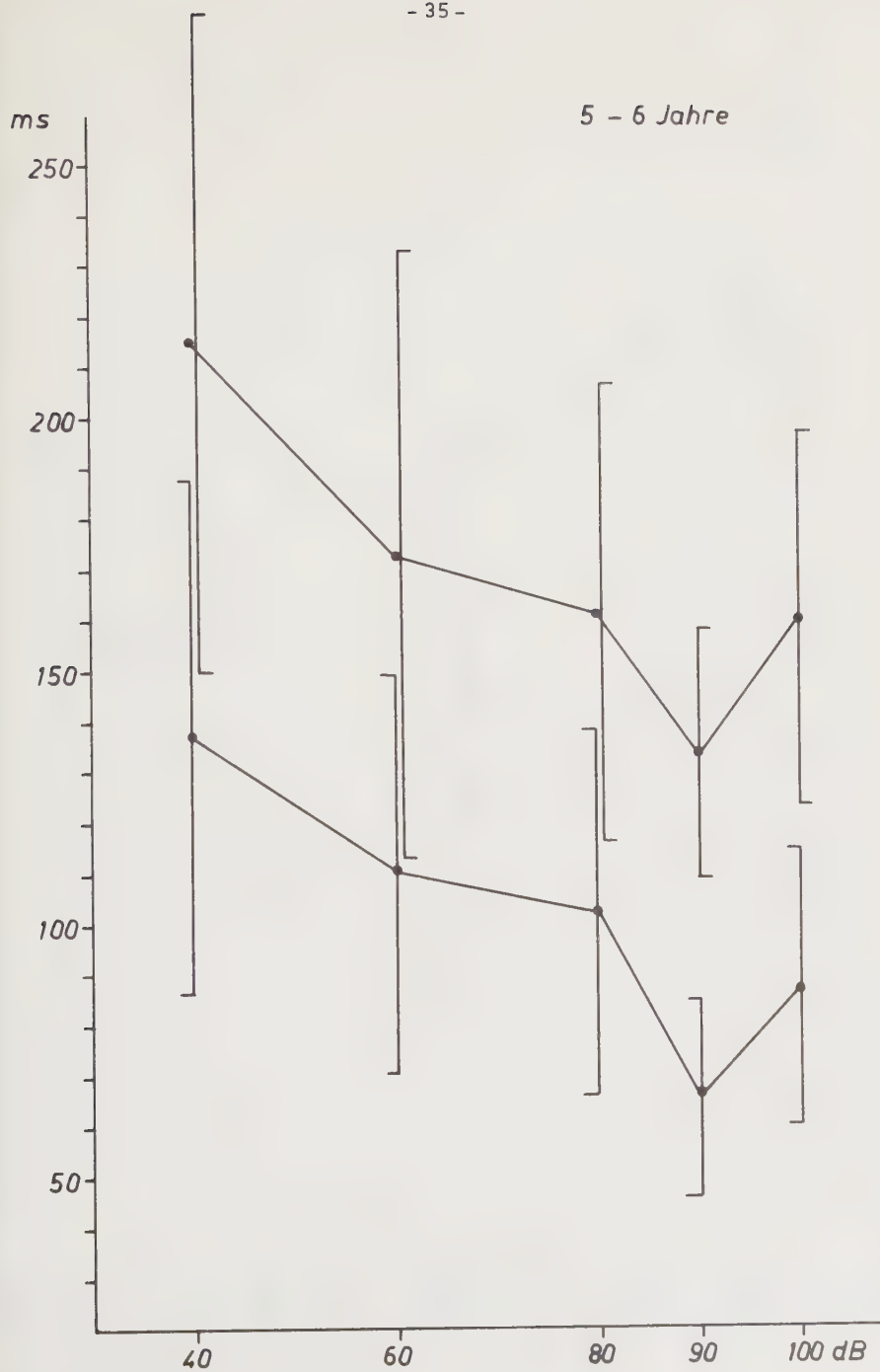


Abb.17

ms

7 - 10 Jahre

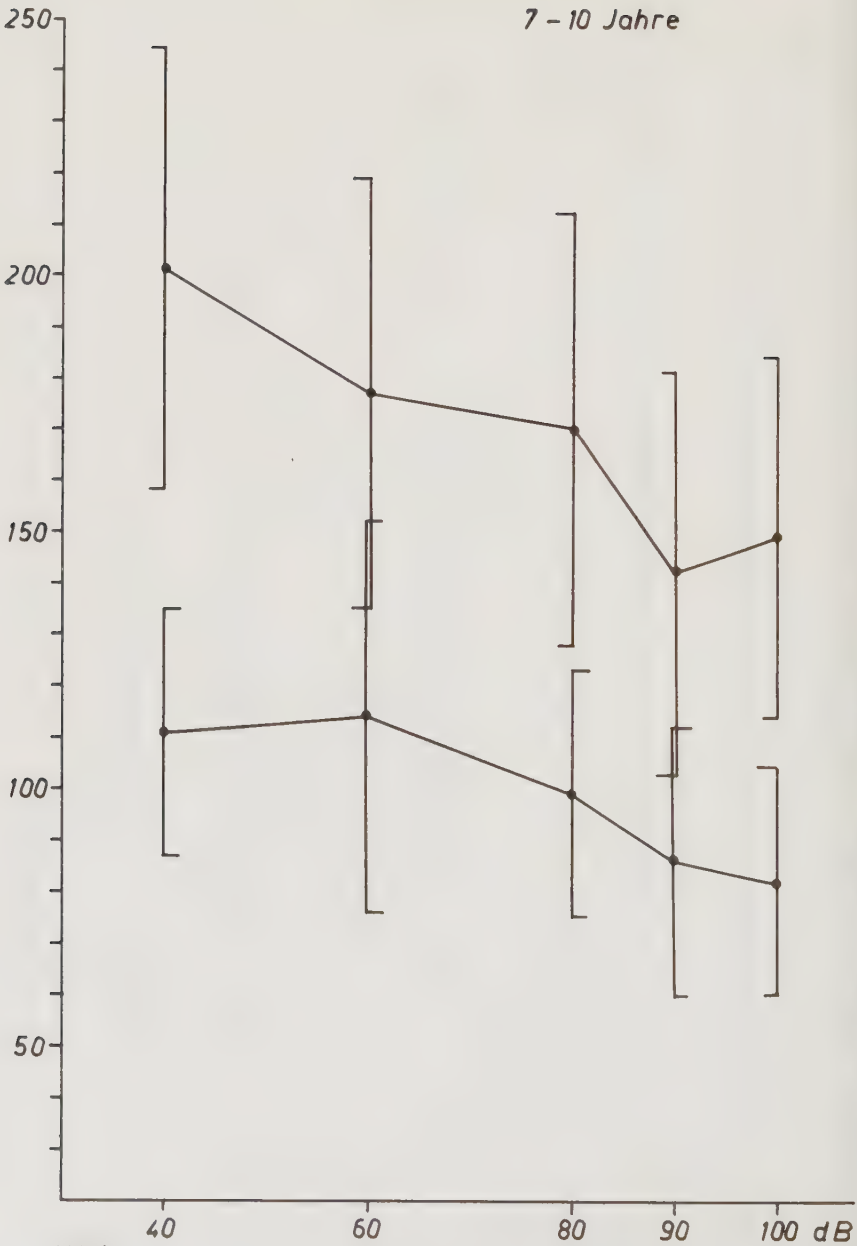


Abb.18

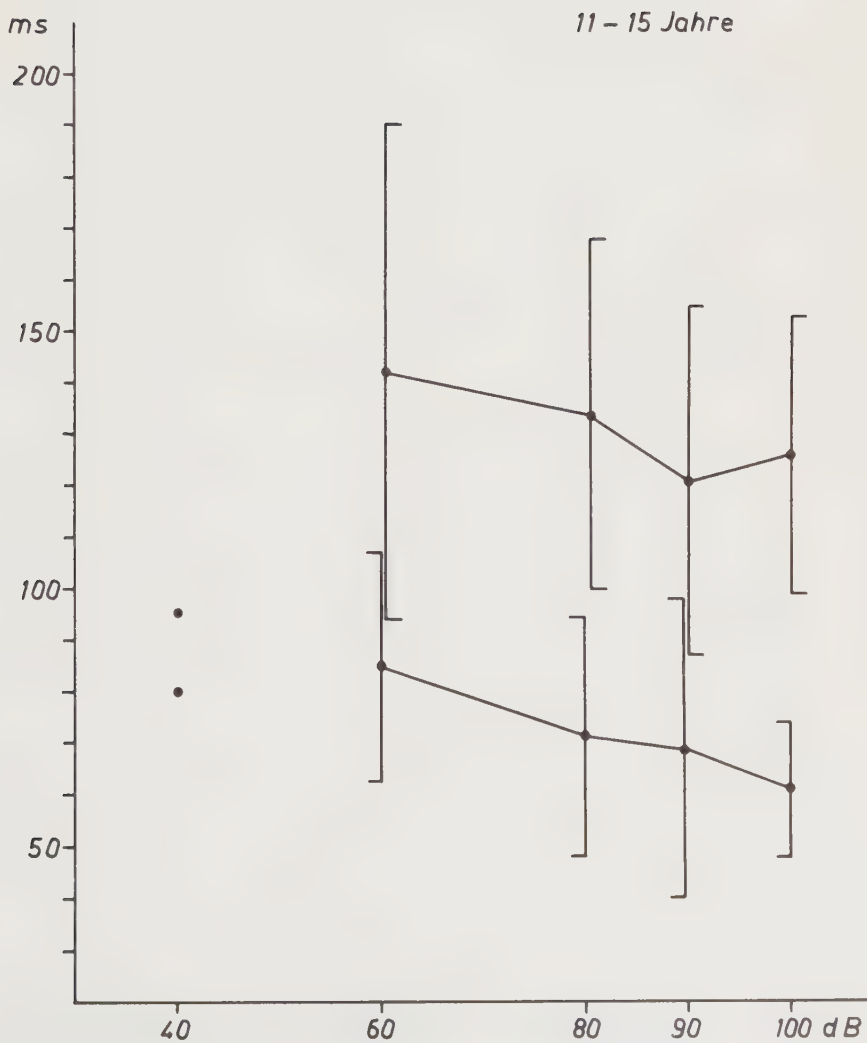


Abb. 19

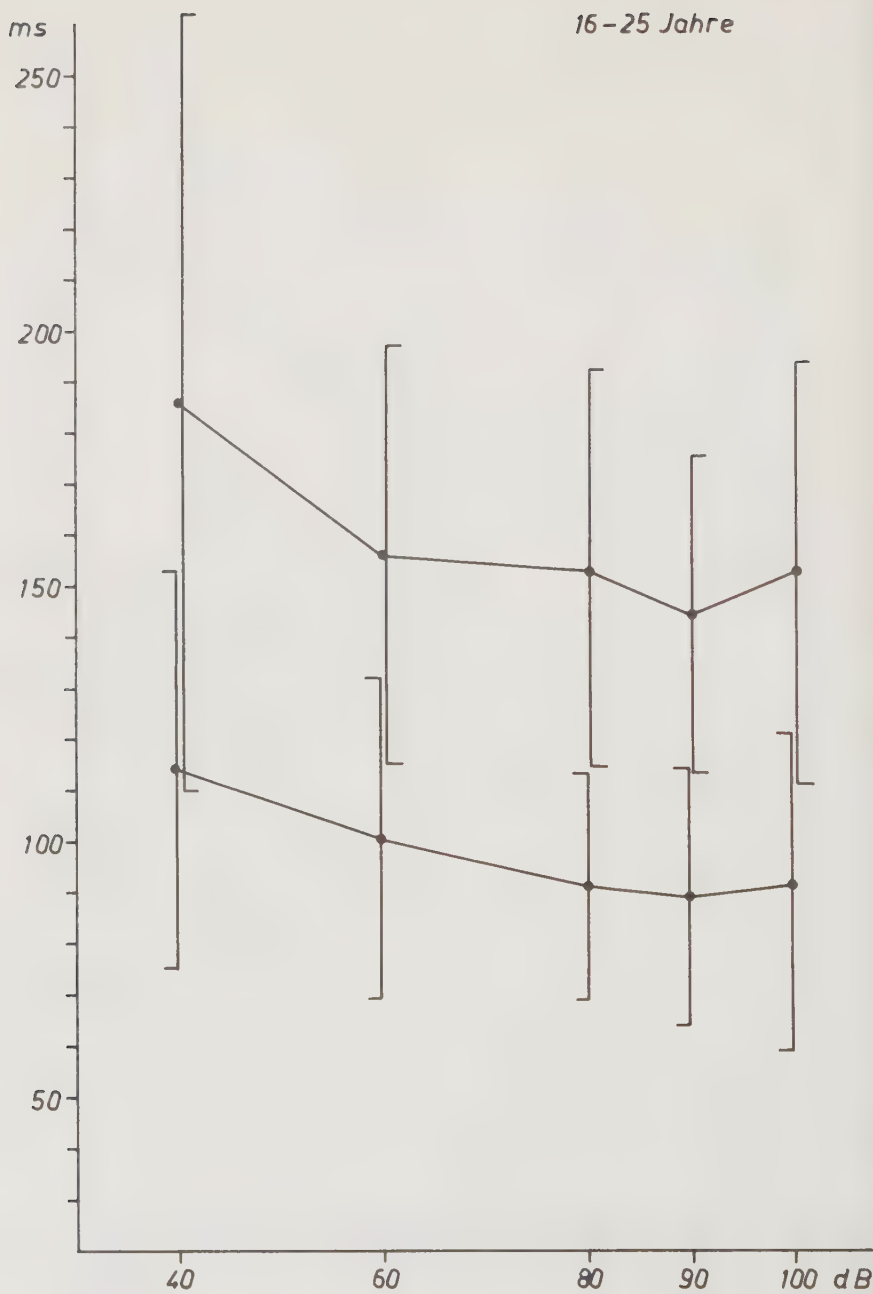


Abb. 20

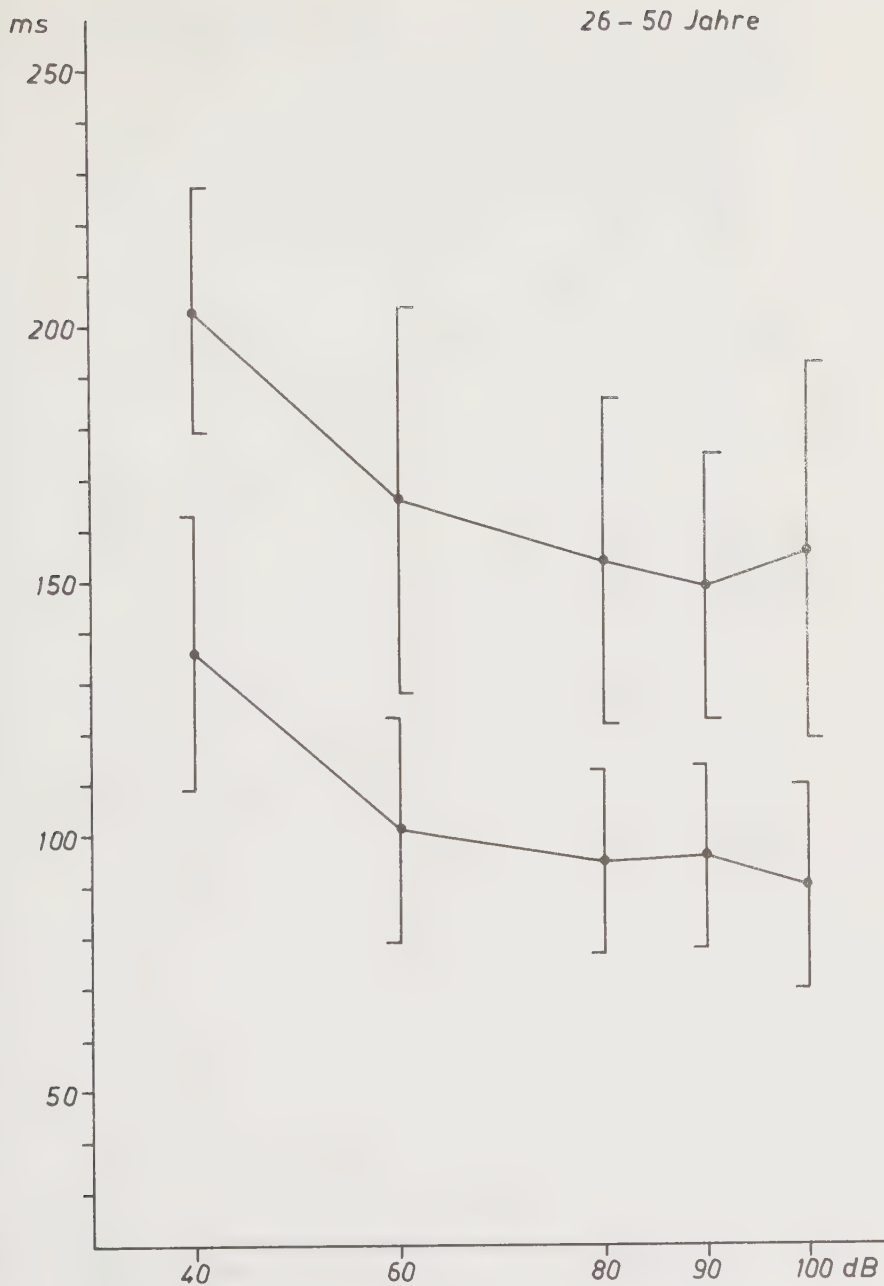


Abb. 21

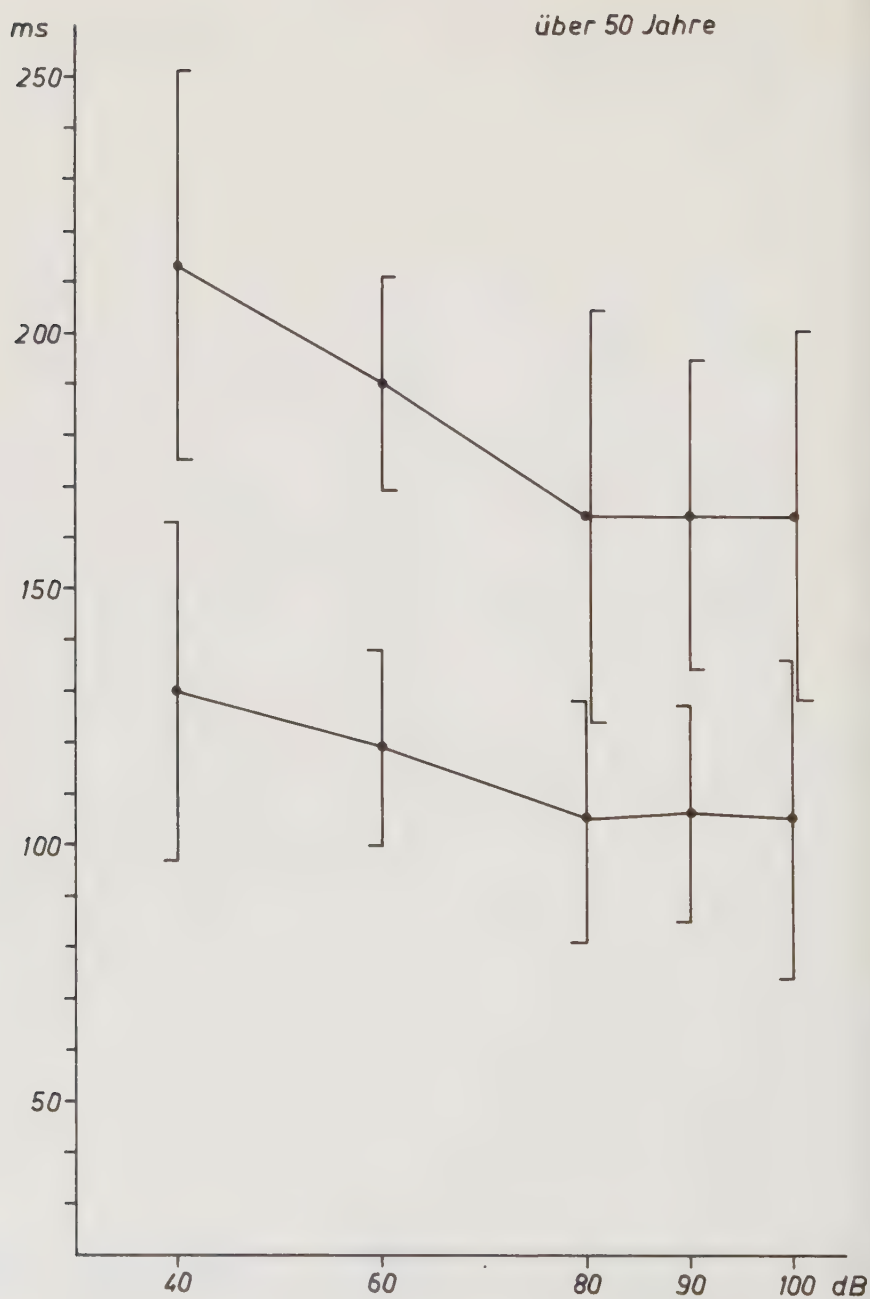


Abb. 22

zu Abb. 16 - 22    Mittelwert und Standardabweichung  
der 1. und 2. Latenzzeit in Abhän-  
gigkeit von der Lautstärke bei den  
Altersgruppen 3 - 4 Jahre, 5 - 6  
Jahre, 7 - 10 Jahre, 11 - 15 Jahre,  
16 - 25 Jahre, 26 - 50 Jahre und  
über 50 Jahre.

Wie aus den graphischen Darstellungen 16 - 22 ersichtlich, zeichnet sich die Tendenz ab, daß die Latenzzeiten von den hohen zu den niederen Lautstärken hin zunehmen. Diese Erscheinung ist bei allen Altersgruppen zu beobachten, wobei jedoch auffällt, daß die Zunahme der Latenzzeiten, die sich bei der graphischen Darstellung in der Steigung der Kurve äußert, in den verschiedenen Altersgruppen unterschiedlich ausfällt.

Zur Überprüfung der hier aufgezeigten Tendenzen wurde die einfache Varianzanalyse durchgeführt, die folgende Ergebnisse brachte: für die Altersgruppe von 0 bis 2 Jahre ergab sich für erste und zweite Latenz kein Unterschied, für die Altersgruppe von 3 bis 4 Jahre für die erste und zweite Latenz ein auffälliger Unterschied, für die Altersgruppe 5 bis 6 Jahre für die erste Latenz ein signifikanter, für die zweite Latenz kein Unterschied; für die Altersgruppe 7 bis 10 Jahre für beide Latenzzeiten einen auffälligen Unterschied; für die Altersgruppe 11 bis 15 Jahre für beide Latenzzeiten keinen Unterschied; für die Altersgruppe 16 bis 25 Jahre für beide Latenzzeiten keinen Unterschied; für die Altersgruppe 26 bis 50 Jahre für beide Latenzzeiten einen signifikanten Unterschied; für die Altersgruppe über 50 Jahre für die erste Latenz keinen Unterschied, für die zweite Latenz einen signifikanten Unterschied (siehe Tab. 9).

Diese Ergebnisse der statistischen Überprüfung verdeutlichen das oben erwähnte unterschiedliche Ansteigen der Latenzzeiten von den hohen zu den niederen Intensitäten hin bei den verschiedenen Altersgruppen.

Betrachtet man nun die Mittelwerte für die Differenzen zwischen zweiter und erster Latenzzeit ebenfalls in Abhängigkeit von der Lautstärke für jede Altersgruppe, so zeigen sich in den graphischen Abb. 23 - 29 zwar Schwankungen, d.h. unterschiedliche Differenzzeiten zwischen den einzelnen Lautstärken, die sich aber statistisch mit Ausnahme bei der Altersgruppe über 50 Jahre nicht nachweisen lassen.

Differenz d.  
Latenzzeiten  
[msec]

Alter: 3 - 4 Jahre

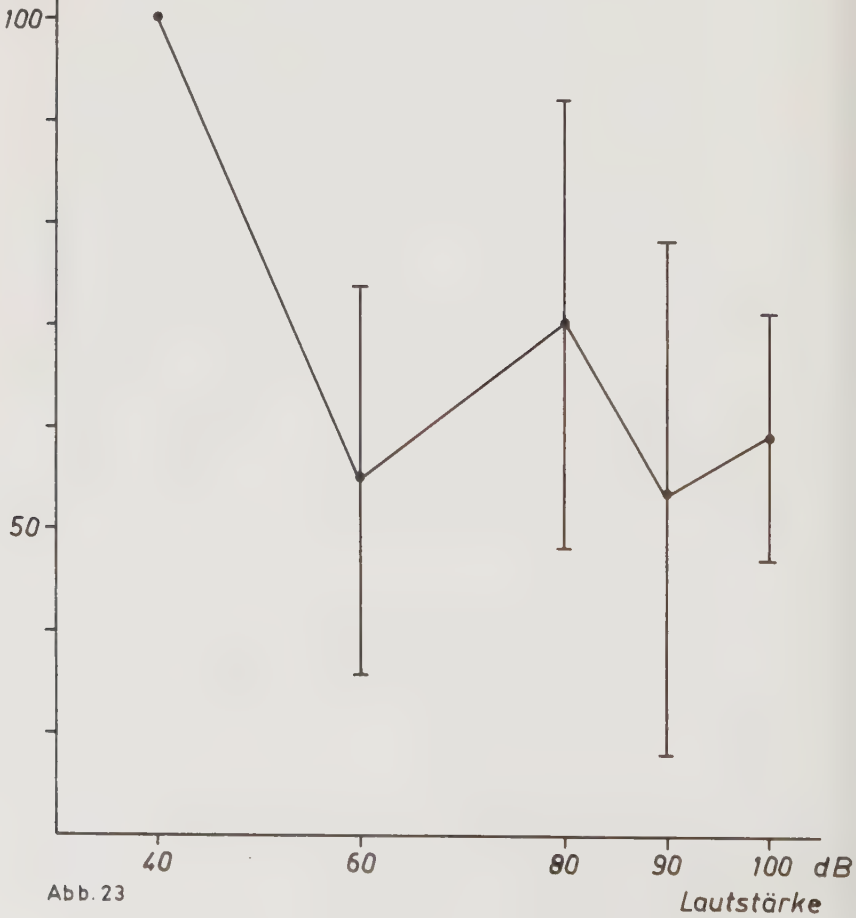


Abb. 23

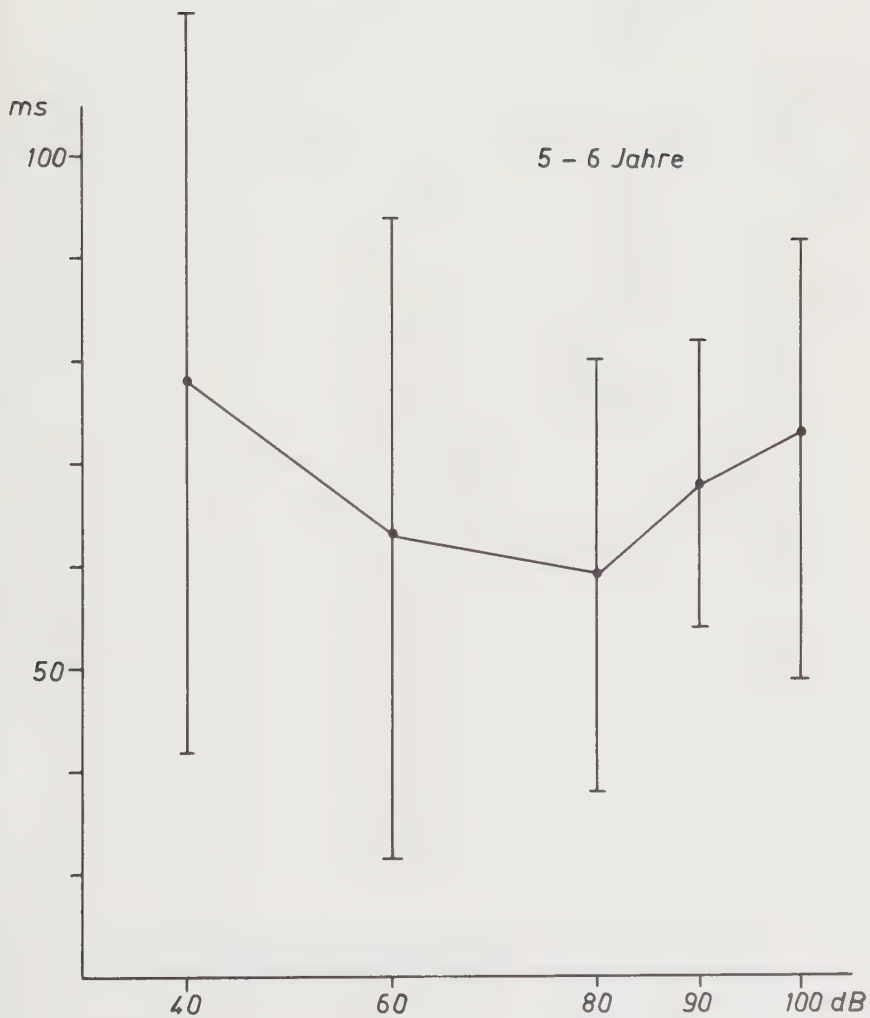


Abb. 24

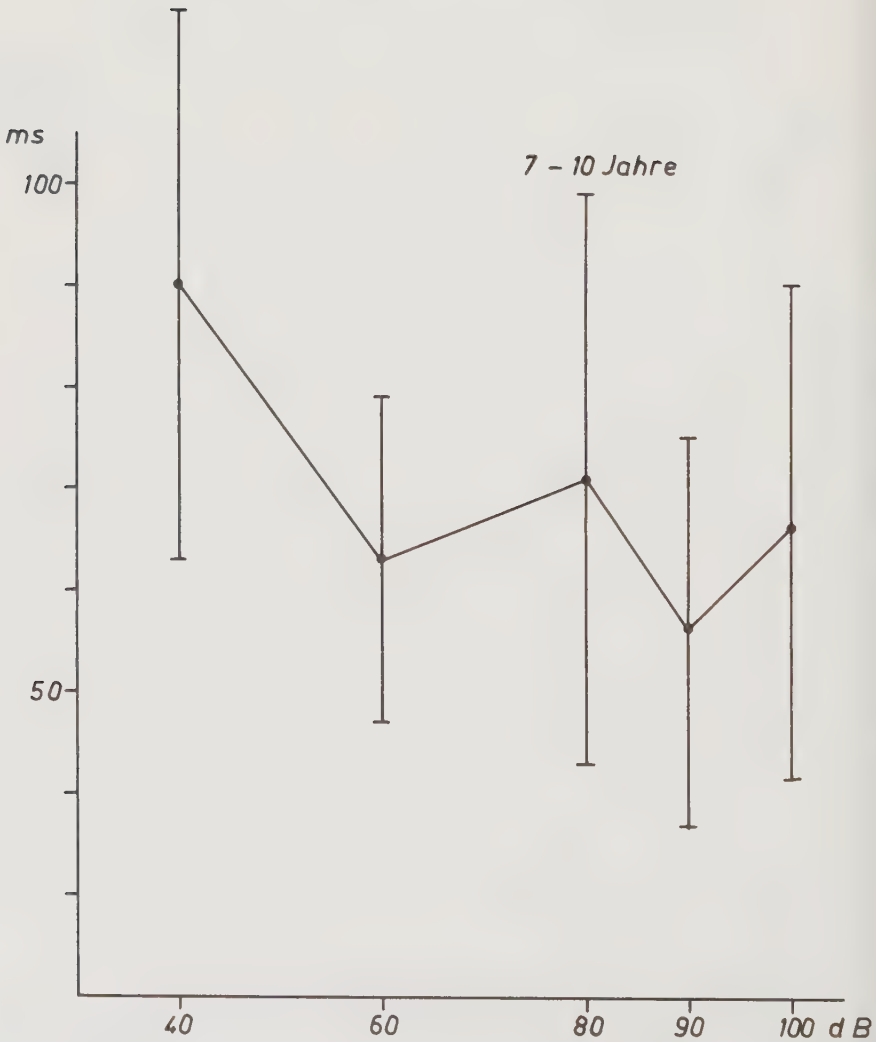


Abb. 25

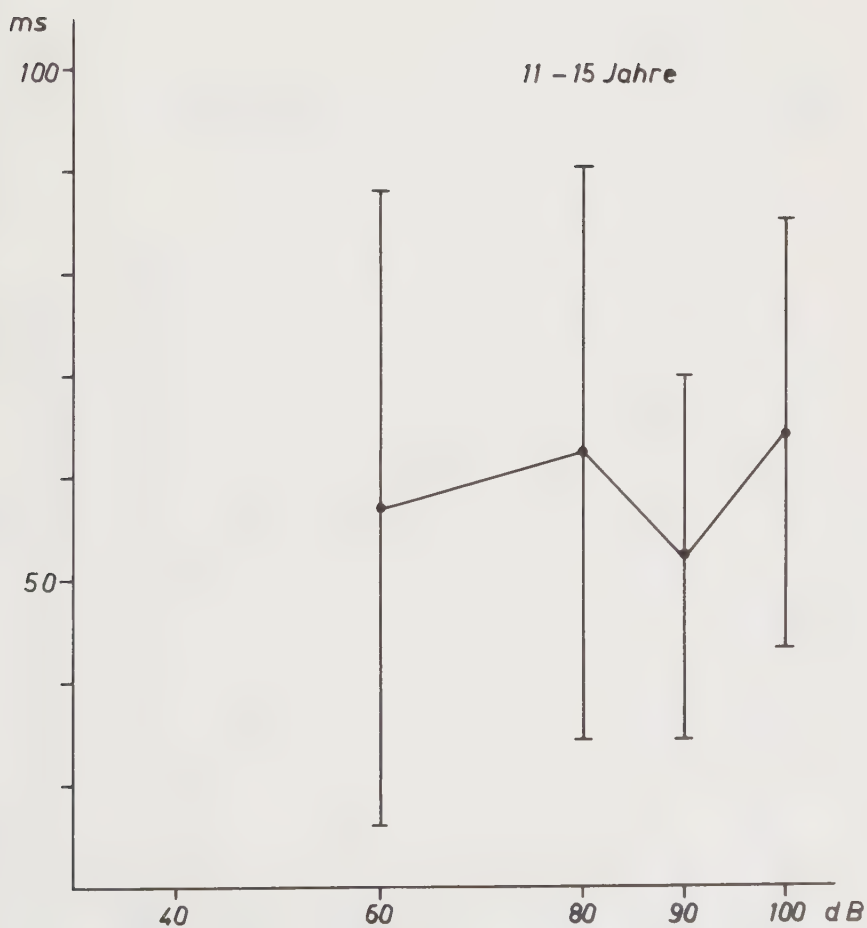


Abb. 26

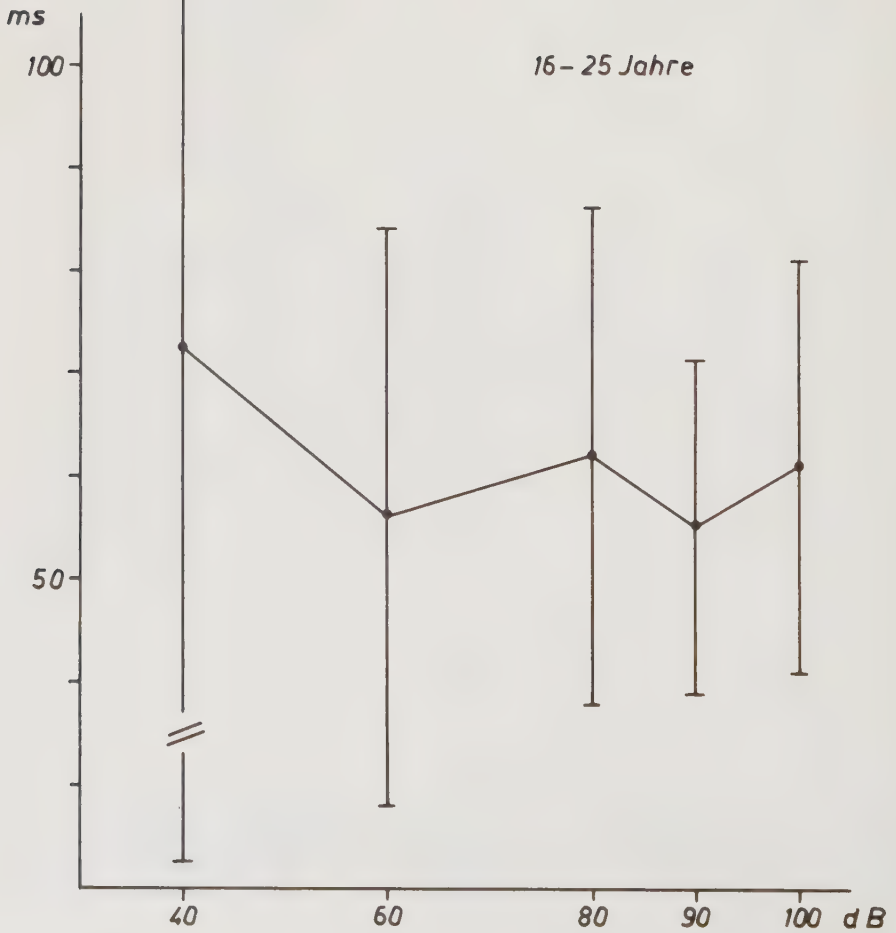


Abb. 27

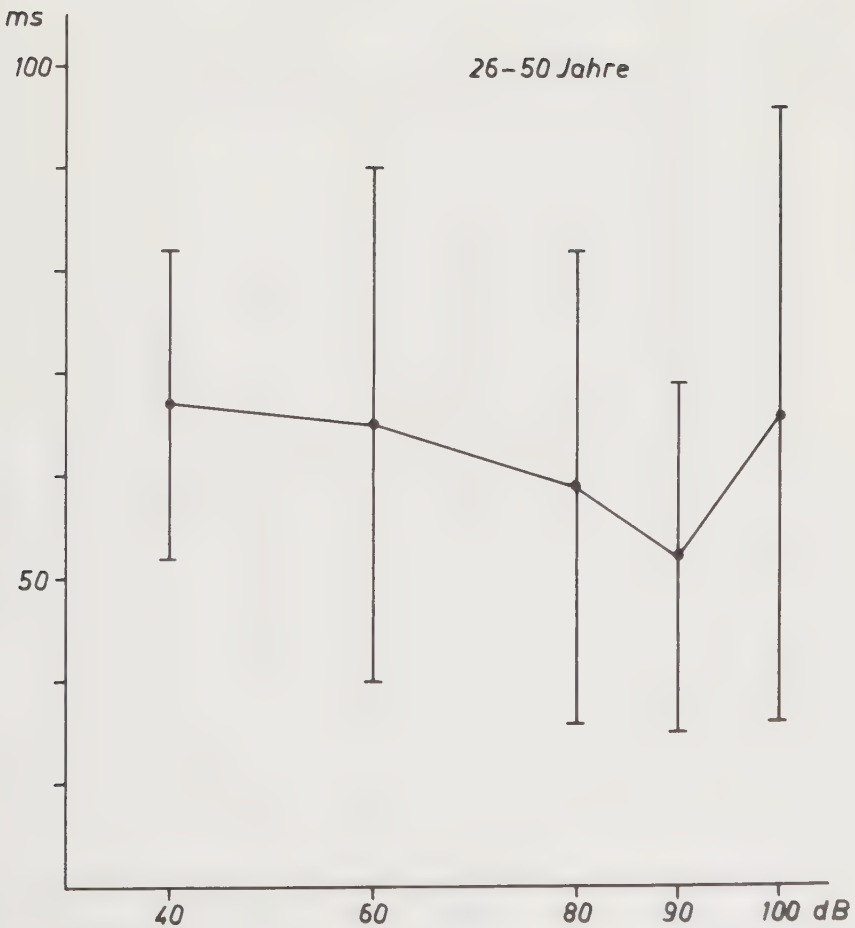


Abb. 28

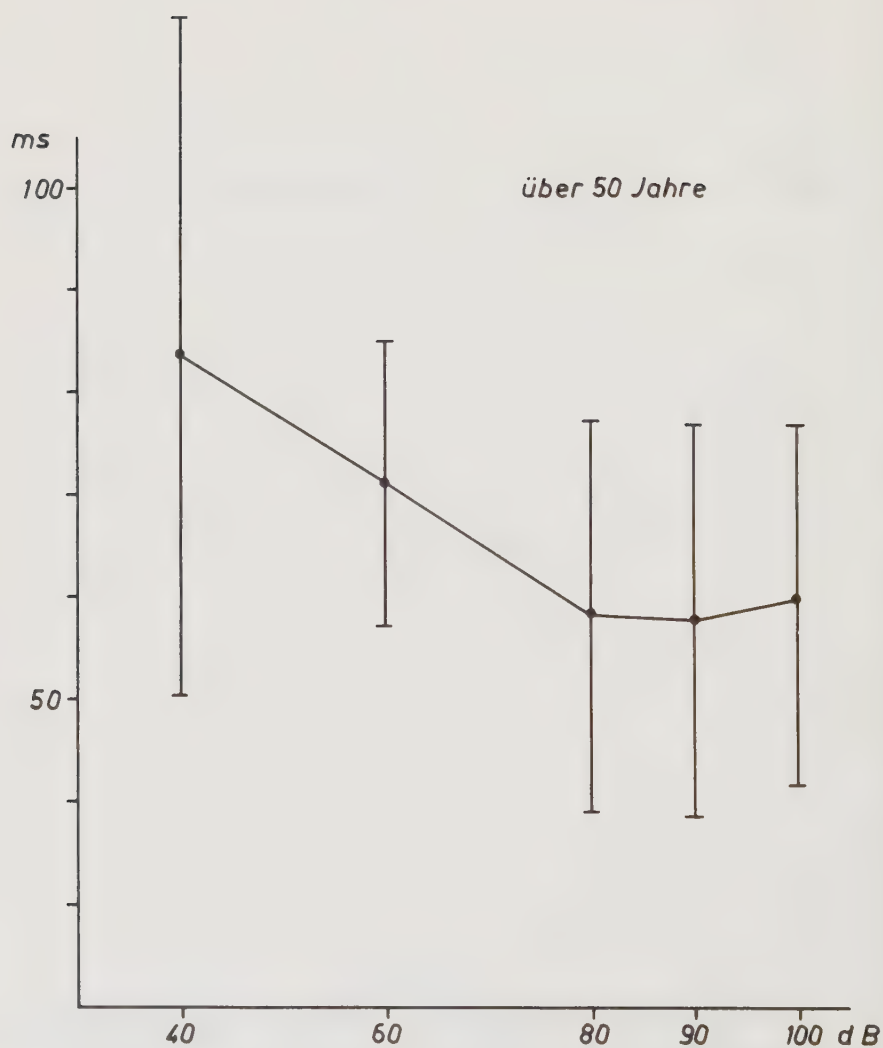


Abb. 29

zu Abb. 23 - 29 Mittelwert und Standardabweichung  
der Differenz zwischen 2. und 1.  
Latenzzeit in Abhängigkeit von der  
Lautstärke bei den Altersgruppen  
3 - 4 Jahre, 5 - 6 Jahre, 7 - 10  
Jahre, 11 - 15 Jahre, 16 - 25 Jahre,  
26 - 50 Jahre und über 50 Jahre.

## 6. Diskussion

Beim Vergleich der Altersgruppen innerhalb der einzelnen Lautstärkegruppen sind bei den Lautstärken 100 dB und 90 dB für die Mittelwerte der beiden Latenzzeiten statistisch gesicherte Unterschiede festzustellen. In einem paarweisen Vergleich der einzelnen Mittelwerte miteinander konnte jedoch nicht ermittelt werden, welche Altersgruppen sich nun voneinander unterscheiden. Festzuhalten bleibt aber, daß der zeitliche Verlauf der mit der ERA-Methode erhaltenen Potentialschwankung bei den hohen Lautstärken 100 dB und 90 dB eine altersabhängige Veränderung zeigt. Das bedeutet, daß für diese starken akustischen Reize Unterschiede in der Geschwindigkeit der cerebralen Verarbeitung für die verschiedenen Altersgruppen bestehen.

Bei den Lautstärken 80 dB, 60 dB und 40 dB unterscheiden sich die Mittelwerte sowohl der ersten als auch der zweiten Latenzzeit nicht signifikant voneinander. Eine altersabhängige Veränderung des zeitlichen Verlaufs der Potentialschwankung scheint bei diesen geringeren Intensitäten also nicht aufzutreten. Somit können in diesen drei Lautstärkegruppen jeweils für erste und zweite Latenzzeit Mittelwerte mit der entsprechenden Standardabweichung für alle Altersgruppen gelten.

Die Betrachtung der Altersabhängigkeit der Latenzzeiten bei den verschiedenen Lautstärken zeigt also, daß bei der Klärung der Frage, ob die akustischen Reaktionszeiten eines Patienten sich im normalen oder

pathologischen Bereich bewegen, bei den Lautstärken 100 dB und 90 dB das Alter des Patienten, im Gegensatz zu den Lautstärken 80 dB, 60 dB und 40 dB, nicht unberücksichtigt bleiben kann.

Die statistische Überprüfung der Mittelwerte der Differenzzeit in den verschiedenen Altersgruppen bei konstanter Lautstärke zeigt keine Unterschiede. Daher lassen sich für jede Intensität unabhängig vom Alter Mittelwerte der Differenzzeit bilden.

Die Ergebnisse deuten darauf hin, daß das Alter der Patienten keinen bedeutenden Einfluß auf den Abstand der beiden Latenzzeitpunkte in der charakteristischen Potentialschwankung hat. So scheint man davon ausgehen zu können, daß sich bei normalhörenden Patienten unabhängig vom Alter die Differenzzeit zwischen zweiter und erster Latenz in einem konstanten Bereich bewegt.

Die Überprüfung der Mittelwerte der Differenzzeit in den verschiedenen Lautstärken bei konstanter Altersgruppe zeigt lediglich bei den "über 50-jährigen" einen auffälligen Unterschied. Sonst ist innerhalb der anderen Altersgruppen mit Hilfe der einfachen Varianzanalyse kein unterschiedliches Verhalten der Differenzzeit festzustellen. Die Tatsache, daß sich in der Altersgruppe der "über 50-jährigen" bei der Differenzzeit ein auffälliger Unterschied zeigt, läßt es nicht zu, einen Standardwert für die Differenz zwischen zweiter und erster Latenzzeit unabhängig von der Intensität zu bilden.

Weiterhin können mit den Ergebnissen dieser Arbeit sowohl an Hand der graphischen Darstellungen, als auch durch die statistische Überprüfung die bisher gemachten Erfahrungen, daß die Latenzzeit der cerebralen Reaktion auf einen akustischen Reiz von den hohen zu den niedrigen Lautstärken hin zunimmt, bestätigt werden. Dieser Anstieg fällt jedoch unterschiedlich bei den verschiedenen Altersgruppen aus. Die Ergebnisse lassen daher vermuten, daß die verschiedenen Altersgruppen auf ein Verringern der Lautstärke nicht gleichartig reagieren.

## 7. Zusammenfassung

Mit der in den letzten Jahren durch mehrere Veröffentlichungen bekannt gewordenen Computer-Audiometrie hat man eine Methode zur Hand, die zur Untersuchung des Hörsystems rein objektiv ermittelte Werte liefert. Die nach akustischer Reizung auftretenden spezifischen Hirnpotentiale werden über Elektroden einem Computer zugeführt, der durch ein spezielles Mittelungsverfahren eine charakteristische Hörschwankung sichtbar machen kann. Diese charakteristische Potentialschwankung bietet verschiedene Auswertungsmöglichkeiten an.

In dieser Arbeit wurden an 193 Fällen normalhörender Patienten der zeitliche Verlauf der Hörschwankung in Abhängigkeit vom Lebensalter untersucht, wozu acht Altersgruppen gebildet wurden. Bei fünf verschiedenen Lautstärken wurden die Latenzzeiten des positiven und negativen Maximums der aufgezeichneten Potentialschwankung, sowie die zwischen diesen beiden Punkten bestehende Differenzzeit ausgewertet.

Dabei konnte eine bei den verschiedenen Lautstärken unterschiedlich starke Zunahme der Latenzzeit mit zunehmendem Alter festgestellt werden. Die Differenz zwischen diesen beiden Latenzzeiten zeigt keine Altersabhängigkeit. Es konnte statistisch nachgewiesen werden, daß bei den Lautstärken 100 dB und 90 dB Unterschiede in der Geschwindigkeit der cerebralen Verarbeitung des akustischen Reizes zwischen den verschiedenen Altersgruppen bestehen, während bei den Intensitäten 80 dB, 60 dB und 40 dB die Altersabhängig-

keit nicht statistisch nachgewiesen werden kann.

Somit kann bei der Untersuchung nach diesem Verfahren zur Klärung der Frage, ob die akustischen Reaktionszeiten eines Patienten sich im normalen oder pathologischen Bereich bewegen, in den Lautstärken 100 dB und 90 dB das Alter des Patienten nicht unberücksichtigt bleiben.

# 8. Anhang

Tabelle 1: 1. und 2. Latenzzeit (msec) bei konstanter Lautstärke (dB)

Altersgruppe: 0 bis 2 Jahre

| Lautst. |     | 100 dB  | 90 dB  | 80 dB   | 60 dB  | 40 dB  |
|---------|-----|---------|--------|---------|--------|--------|
| Pat.    | J.  | (msec)  | (msec) | (msec)  | (msec) | (msec) |
| 1       | 1,5 | 55/120  |        | 80/120  |        |        |
| 2       | 1   | 90/180  |        |         |        |        |
| 3       | 1,5 | 140/200 |        | 150/190 |        |        |
| 4       | 1   | 65/125  |        | 90/150  |        |        |

Altersgruppe: 3 bis 4 Jahre

|    |   |         |        |         |         |         |
|----|---|---------|--------|---------|---------|---------|
| 1  | 3 | 55/110  |        |         |         |         |
| 2  | 3 | 55/110  |        | 210/280 | 60/ 95  |         |
| 3  | 3 | 65/110  |        | 75/160  | 130/160 |         |
| 4  | 3 | 85/130  |        | 80/125  | 80/125  |         |
| 5  | 4 |         |        | 200/250 | 95/160  |         |
| 6  | 4 | 75/150  |        | 50/ 95  | 45/ 80  |         |
| 7  | 4 | 75/140  |        | 75/200  | 95/175  |         |
| 8  | 4 |         |        | 65/125  | 90/130  |         |
| 9  | 4 |         |        | 190/250 |         |         |
| 10 | 4 |         |        | 120/190 |         |         |
| 11 | 4 |         |        | 100/170 |         |         |
| 12 | 4 |         |        | 90/180  |         |         |
| 13 | 4 |         | 90/110 | 60/110  |         |         |
| 14 | 4 | 110/160 |        |         | 75/150  |         |
| 15 | 4 |         | 70/120 | 75/125  | 100/140 | 150/250 |
| 16 | 4 | 50/130  | 30/70  |         | 140/195 |         |
| 17 | 4 | 40/100  | 60/130 |         | 80/160  |         |
| 18 | 4 | 40/100  | 40/125 |         | 70/145  |         |

Tabelle 2

Altersgruppe: 5 bis 6 Jahre

| Lautst.<br>Pat. | J. | 100 dB<br>(msec) | 90 dB<br>(msec) | 80 dB<br>(msec) | 60 dB<br>(msec) | 40 dB<br>(msec) |
|-----------------|----|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1               | 5  | 130/250          |                 | 140/180         | 125/165         |                 |
| 2               | 5  |                  |                 |                 | 110/120         |                 |
| 3               | 5  | 75/125           |                 | 110/140         | 55/ 80          |                 |
| 4               | 5  | 70/175           |                 | 150/200         |                 |                 |
| 5               | 5  | 65/160           |                 |                 |                 |                 |
| 6               | 5  | 75/160           |                 | 80/150          | 80/120          |                 |
| 7               | 5  | 110/165          |                 | 85/165          | 115/220         | 190/255         |
| 8               | 5  | 90/185           | 110/190         | 120/200         |                 |                 |
| 9               | 5  | 130/240          |                 | 160/230         | 160/245         |                 |
| 10              | 5  |                  |                 | 105/220         |                 |                 |
| 11              | 5  | 70/145           | 70/140          | 70/120          | 80/160          |                 |
| 12              | 5  | 70/160           | 70/110          |                 |                 |                 |
| 13              | 5  |                  | 60/125          |                 |                 |                 |
| 14              | 5  | 50/125           | 40/110          | 50/ 80          |                 |                 |
| 15              | 6  | 100/150          |                 | 110/170         | 140/170         |                 |
| 16              | 6  | 60/125           |                 | 100/140         |                 |                 |
| 17              | 6  | 65/105           |                 | 70/130          | 65/ 95          |                 |
| 18              | 6  | 75/170           |                 | 75/120          |                 |                 |
| 19              | 6  | 70/140           |                 | 80/145          |                 |                 |
| 20              | 6  | 90/130           |                 | 90/130          |                 |                 |
| 21              | 6  | 155/210          |                 | 160/220         | 180/265         |                 |
| 22              | 6  |                  |                 | 140/225         |                 |                 |
| 23              | 6  | 100/160          |                 |                 |                 | 90/140          |
| 24              | 6  | 110/145          |                 |                 |                 |                 |
| 25              | 6  |                  | 60/115          |                 | 100/160         |                 |
| 26              | 6  |                  | 65/150          | 40/ 95          |                 |                 |
| 27              | 6  | 60/130           | 65/140          |                 |                 |                 |
| 28              | 6  |                  | 65/120          |                 |                 |                 |
| 29              | 6  |                  | 40/125          |                 |                 |                 |

Tabelle 3

Altersgruppe: 7 bis 10 Jahre

| Lautst.<br>Pat. | J. | 100 dB<br>(msec) | 90 dB<br>(msec) | 80 dB<br>(msec) | 60 dB<br>(msec) | 40 dB<br>(msec) |
|-----------------|----|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1               | 7  | 120/210          |                 | 140/210         | 170/250         |                 |
| 2               | 7  | 90/210           |                 | 120/210         | 90/150          | 100/170         |
| 3               | 7  |                  |                 | 120/210         |                 |                 |
| 4               | 7  |                  |                 | 110/170         |                 |                 |
| 5               | 7  | 90/155           | 85/150          | 105/155         | 90/155          | 85/160          |
| 6               | 7  | 100/165          |                 | 95/170          |                 |                 |
| 7               | 7  | 80/155           |                 | 90/150          |                 |                 |
| 8               | 7  | 55/110           |                 | 70/135          | 70/110          |                 |
| 9               | 7  | 75/130           |                 | 90/145          |                 |                 |
| 10              | 8  | 50/ 70           |                 | 100/140         |                 |                 |
| 11              | 8  | 55/110           |                 | 70/100          |                 |                 |
| 12              | 8  | 65/155           |                 | 80/160          | 120/210         |                 |
| 13              | 8  | 90/160           |                 | 110/160         |                 |                 |
| 14              | 8  |                  |                 | 105/160         | 90/160          |                 |
| 15              | 8  |                  |                 | 110/200         |                 |                 |
| 16              | 8  |                  |                 | 95/160          | 110/150         |                 |
| 17              | 8  |                  | 80/150          |                 | 80/150          |                 |
| 18              | 8  | 100/140          | 90/135          | 110/150         | 95/160          | 140/225         |
| 19              | 8  | 100/160          | 100/150         | 60/120          | 125/180         |                 |
| 20              | 8  | 110/155          |                 | 155/365         | 175/220         |                 |
| 21              | 8  |                  | 60/100          |                 |                 |                 |
| 22              | 8  |                  | 50/110          |                 |                 |                 |
| 23              | 9  | 55/145           | 50/140          |                 |                 |                 |
| 24              | 9  |                  |                 | 90/180          | 110/200         | 120/250         |
| 25              | 9  |                  | 90/180          |                 | 85/155          |                 |
| 26              | 9  |                  |                 | 100/145         | 200/260         |                 |
| 27              | 10 |                  | 90/135          |                 |                 |                 |
| 28              | 10 |                  | 90/150          |                 |                 |                 |
| 29              | 10 |                  | 90/125          |                 | 105/150         |                 |
| 30              | 10 |                  | 55/ 85          |                 |                 |                 |
| 31              | 10 |                  | 150/235         |                 |                 |                 |

Tabelle 4

Altersgruppe: 11 bis 15 Jahre

| Lautst. |    | 100 dB | 90 dB   | 80 dB   | 60 dB   | 40 dB  |
|---------|----|--------|---------|---------|---------|--------|
| Pat.    | J. | (msec) | (msec)  | (msec)  | (msec)  | (msec) |
| 1       | 11 | 65/140 |         | 65/130  |         |        |
| 2       | 11 |        |         | 100/180 | 100/190 |        |
| 3       | 11 |        | 100/140 |         |         |        |
| 4       | 11 |        | 50/ 95  |         |         |        |
| 5       | 11 |        | 100/130 |         |         |        |
| 6       | 11 |        | 50/100  |         |         |        |
| 7       | 11 |        | 30/ 70  |         |         |        |
| 8       | 11 | 45/ 85 | 35/100  | 35/100  | 70/100  |        |
| 9       | 11 | 45/ 85 | 55/ 90  |         |         |        |
| 10      | 12 | 55/140 |         | 50/110  |         |        |
| 11      | 12 | 75/125 |         |         |         |        |
| 12      | 13 | 65/140 |         | 50/120  | 45/ 75  |        |
| 13      | 13 | 55/130 |         | 90/120  | 100/145 |        |
| 14      | 13 | 55/150 |         | 95/125  |         |        |
| 15      | 13 |        | 95/170  |         |         |        |
| 16      | 13 |        | 105/160 |         |         |        |
| 17      | 14 | 60/ 90 |         | 60/ 90  | 80/110  | 80/ 95 |
| 18      | 14 | 65/140 |         | 65/190  | 90/195  |        |
| 19      | 14 | 90/160 |         | 100/170 | 110/180 |        |
| 20      | 15 |        | 65/150  |         |         |        |

Tabelle 5

Altersgruppe: 16 bis 25 Jahre

| Lautst. |    | 100 dB  | 90 dB   | 80 dB   | 60 dB   | 40 dB   |
|---------|----|---------|---------|---------|---------|---------|
| Pat.    | J. | (msec)  | (msec)  | (msec)  | (msec)  | (msec)  |
| 1       | 16 | 50/105  |         | 55/110  |         |         |
| 2       | 16 | 115/190 | 120/180 | 115/180 | 130/170 | 160/215 |
| 3       | 16 |         | 60/100  |         |         |         |
| 4       | 17 |         | 95/160  |         | 125/160 |         |
| 5       | 18 |         | 55/100  |         |         |         |
| 6       | 18 |         | 100/125 |         | 100/125 |         |
| 7       | 19 |         | 80/150  |         |         |         |
| 8       | 19 |         | 35/ 90  |         | 30/ 90  |         |
| 9       | 19 | 100/190 |         | 90/180  | 90/210  | 110/260 |
| 10      | 19 |         | 105/190 |         |         |         |
| 11      | 19 | 120/180 | 110/170 | 110/160 |         |         |
| 12      | 19 | 55/125  |         | 100/200 |         |         |
| 13      | 20 |         | 100/180 |         |         |         |
| 14      | 20 |         | 120/155 |         |         |         |
| 15      | 21 |         | 95/170  |         |         |         |
| 16      | 21 |         | 90/165  |         | 110/170 |         |
| 17      | 21 |         | 100/170 |         |         |         |
| 18      | 21 | 50/75   |         | 55/ 75  |         |         |
| 19      | 21 |         | 100/155 |         | 75/140  |         |
| 20      | 21 | 120/180 | 105/145 | 100/190 | 120/170 | 120/190 |
| 21      | 22 |         | 115/160 | 115/175 | 130/210 |         |
| 22      | 22 |         | 100/130 |         | 115/180 |         |
| 23      | 22 |         | 30/ 80  |         |         |         |
| 24      | 23 |         | 75/125  |         |         |         |
| 25      | 23 | 110/155 | 110/155 | 105/150 |         |         |
| 26      | 24 |         | 85/140  |         |         |         |
| 27      | 24 |         | 60/110  |         |         |         |
| 28      | 24 |         |         | 75/110  | 70/ 90  | 65/ 80  |
| 29      | 24 | 90/170  | 80/150  |         |         |         |

Tabelle 6

Altersgruppe: 26 bis 50 Jahre

| Lautst. |    | 100 dB  | 90 dB   | 80 dB   | 60 dB   | 40 dB   |
|---------|----|---------|---------|---------|---------|---------|
| Pat.    | J. | (msec)  | (msec)  | (msec)  | (msec)  | (msec)  |
| 1       | 26 |         | 85/150  |         |         |         |
| 2       | 26 | 100/150 | 100/150 | 100/140 |         |         |
| 3       | 27 | 110/165 | 100/150 | 105/170 | 100/160 | 180/250 |
| 4       | 27 |         | 100/150 |         |         |         |
| 5       | 28 |         |         | 100/190 | 110/160 | 120/180 |
| 6       | 28 |         |         | 105/160 |         |         |
| 7       | 28 |         |         | 110/170 |         |         |
| 8       | 28 | 65/140  |         | 90/130  |         |         |
| 9       | 29 | 110/165 | 100/160 | 95/175  |         |         |
| 10      | 29 |         | 100/150 |         |         |         |
| 11      | 29 |         | 90/140  |         |         |         |
| 12      | 29 |         | 95/130  |         |         |         |
| 13      | 30 | 110/160 | 120/165 | 110/160 | 125/210 | 135/215 |
| 14      | 30 |         | 95/160  |         |         |         |
| 15      | 30 |         | 100/160 |         |         |         |
| 16      | 31 | 110/190 |         |         | 100/200 |         |
| 17      | 31 | 85/175  |         | 105/180 | 110/185 | 110/190 |
| 18      | 32 |         | 100/150 |         |         |         |
| 19      | 33 |         |         | 95/220  |         | 110/200 |
| 20      | 35 |         | 70/100  |         |         |         |
| 21      | 35 | 110/160 | 110/160 | 120/165 | 140/220 |         |
| 22      | 35 | 65/145  |         | 65/ 80  |         |         |
| 23      | 38 |         | 100/150 |         |         |         |
| 24      | 38 |         | 80/135  |         |         |         |
| 25      | 40 | 70/115  |         | 100/140 | 95/150  | 115/165 |
| 26      | 40 | 100/180 |         | 90/150  | 100/170 | 145/210 |
| 27      | 40 |         |         | 90/150  |         |         |
| 28      | 40 |         |         | 90/160  |         |         |
| 29      | 40 |         |         | 90/150  | 90/170  |         |
| 30      | 40 | 90/160  |         | 100/160 | 90/160  |         |
| 31      | 41 | 90/145  |         | 90/150  | 100/160 | 170/210 |
| 32      | 41 |         | 125/150 |         |         |         |

Tabelle 7

| Lautst. |    | 100 dB  | 90 dB   | 80 dB   | 60 dB   | 40 dB   |
|---------|----|---------|---------|---------|---------|---------|
| Pat.    | J. | (msec)  | (msec)  | (msec)  | (msec)  | (msec)  |
| 33      | 42 | 65/ 80  |         | 65/ 80  | 65/ 80  |         |
| 34      | 42 |         |         | 85/170  | 100/200 | 110/190 |
| 35      | 44 | 100/150 | 105/150 | 105/155 | 120/155 |         |
| 36      | 44 | 100/220 | 120/230 | 125/210 | 110/210 | 160/220 |
| 37      | 45 |         | 90/160  |         |         |         |
| 38      | 47 |         | 65/130  |         |         |         |
| 39      | 47 | 50/ 90  | 50/ 80  | 50/ 90  | 55/ 85  |         |
| 40      | 47 | 65/140  |         | 95/150  |         |         |
| 41      | 47 | 90/240  |         | 120/145 |         |         |
| 42      | 47 |         |         | 60/140  | 85/155  |         |
| 43      | 48 |         | 95/155  |         |         |         |

Altersgruppe: über 50 Jahre

|    |    |         |         |         |         |         |
|----|----|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1  | 52 | 65/160  |         | 50/ 65  |         |         |
| 2  | 54 | 100/165 | 110/180 | 100/160 | 100/150 |         |
| 3  | 54 | 100/160 | 105/155 | 90/155  | 100/160 | 170/210 |
| 4  | 56 | 120/160 | 130/185 | 140/200 | 140/215 |         |
| 5  | 56 |         | 100/160 | 100/175 | 100/190 | 100/240 |
| 6  | 57 |         |         | 100/145 |         |         |
| 7  | 57 |         |         | 100/180 |         |         |
| 8  | 58 | 100/160 | 110/155 | 100/160 | 90/180  | 90/150  |
| 9  | 60 | 55/ 85  |         |         |         |         |
| 10 | 61 |         |         | 90/135  |         |         |
| 11 | 62 |         |         | 50/ 90  |         |         |
| 12 | 62 | 140/215 | 140/190 |         | 140/200 |         |
| 13 | 63 | 100/185 |         | 100/150 |         |         |
| 14 | 64 | 100/140 | 100/130 | 100/130 | 140/200 | 150/240 |
| 15 | 64 | 65/120  |         |         |         |         |
| 16 | 65 | 120/180 | 105/185 | 110/185 | 120/200 | 140/250 |
| 17 | 71 | 165/220 | 130/170 | 110/170 | 120/180 | 160/230 |
| 18 | 72 | 130/185 | 95/185  | 140/220 | 135/220 |         |
| 19 | 72 |         | 125/210 | 125/195 | 120/195 | 100/175 |



# Basen der einfachen Varianzanalyse

| 60 dB                    |      |                    | 40 dB             |                             |      | Signi-<br>fikanz | F<br>berechnet |
|--------------------------|------|--------------------|-------------------|-----------------------------|------|------------------|----------------|
| Standardabw.<br>Mittelw. | Anz. | Mittelw.<br>(msec) | Standard-<br>abw. | Standardabw.<br>v. Mittelw. | Anz. |                  |                |
|                          |      |                    |                   |                             |      | —                | 0,4            |
|                          |      |                    |                   |                             |      | —                | 0,1            |
|                          |      |                    |                   |                             |      | —                | 4,7            |
| 7,8                      | 12   | 150,0              |                   |                             | 1    | +                | 3,2            |
| 9,3                      | 12   | 250,0              |                   |                             | 1    | +                | 4,3            |
| 5,6                      | 12   | 100,0              |                   |                             | 1    | —                | 1,0            |
| 11,9                     | 11   | 136,7              | 50,3              | 29,1                        | 3    | ++               | 4,6            |
| 18,1                     | 11   | 215,0              | 65,0              | 37,5                        | 3    | +                | 2,4            |
| 9,5                      | 11   | 78,3               | 36,9              | 21,3                        | 3    | —                | 1,0            |
| 9,9                      | 15   | 111,3              | 23,9              | 12,0                        | 4    | +                | 3,2            |
| 10,8                     | 15   | 201,3              | 43,3              | 21,6                        | 4    | +                | 2,8            |
| 4,2                      | 15   | 90,0               | 27,4              | 13,7                        | 4    | —                | 1,8            |
| 8,4                      | 7    | 80                 |                   |                             | 1    | —                | 1,6            |
| 18,2                     | 7    | 95                 |                   |                             | 1    | —                | 0,6            |
| 11,8                     | 7    | 15                 |                   |                             | 1    | —                | 0,5            |
| 9,4                      | 11   | 113,8              | 39,0              | 19,5                        | 4    | —                | 0,8            |
| 12,4                     | 11   | 186,3              | 76,5              | 38,3                        | 4    | —                | 1,0            |
| 8,5                      | 11   | 72,5               | 76,6              | 38,3                        | 4    | —                | 0,5            |
| 5,1                      | 18   | 135,5              | 26,8              | 8,5                         | 10   | ++               | 9,8            |
| 8,9                      | 18   | 203,0              | 23,7              | 7,5                         | 10   | ++               | 5,7            |
| 5,9                      | 18   | 67,5               | 15,5              | 4,9                         | 10   | —                | 1,5            |
| 5,6                      | 11   | 130,0              | 32,7              | 12,3                        | 7    | —                | 1,7            |
| 6,4                      | 11   | 213,6              | 37,7              | 14,7                        | 7    | ++               | 4,0            |
| 4,2                      | 11   | 83,6               | 33,3              | 12,6                        | 7    | +                | 2,8            |

| Signifikanz | F berechnet | Signifikanz |
|-------------|-------------|-------------|
| —           | 0,7         | —           |
| —           | 1,1         | —           |
| —           | 0,8         | —           |

Mittelwert für die 1. und 2. Latenzzeit sowie ihre Differenz mit den Ergebnissen

| dB                          |      |                    |                   | 80 dB                       |      |                    |                      |
|-----------------------------|------|--------------------|-------------------|-----------------------------|------|--------------------|----------------------|
| Standardabw.<br>v. Mittelw. | Anz. | Mittelw.<br>(msec) | Standard-<br>abw. | Standardabw.<br>v. Mittelw. | Anz. | Mittelw.<br>(msec) | Standard-<br>abw. v. |
|                             |      | 106,7              | 37,9              | 21,9                        | 3    |                    |                      |
|                             |      | 153,3              | 35,1              | 20,3                        | 3    |                    |                      |
|                             |      | 46,7               | 11,5              | 6,7                         | 3    |                    |                      |
| 10,7                        | 5    | 106,9              | 56,0              | 15,5                        | 13   | 88,3               | 26,9                 |
| 10,8                        | 5    | 173,8              | 58,8              | 16,3                        | 13   | 142,9              | 32,2                 |
| 11,4                        | 5    | 66,9               | 22,7              | 6,3                         | 13   | 54,6               | 19,3                 |
| 6,1                         | 10   | 101,8              | 35,8              | 8,2                         | 19   | 110,0              | 39,4                 |
| 7,7                         | 10   | 161,1              | 45,2              | 10,4                        | 19   | 172,7              | 60,0                 |
| 4,6                         | 10   | 59,2               | 21,2              | 4,9                         | 19   | 62,7               | 31,5                 |
| 7,5                         | 12   | 98,9               | 24,4              | 5,2                         | 22   | 114,3              | 38,3                 |
| 11,3                        | 12   | 169,8              | 42,5              | 9,1                         | 22   | 177,3              | 42,0                 |
| 5,5                         | 12   | 70,9               | 28,7              | 6,1                         | 22   | 63,0               | 16,2                 |
| 9,1                         | 10   | 71,0               | 23,5              | 7,4                         | 10   | 85,0               | 22,2                 |
| 10,7                        | 10   | 133,5              | 34,5              | 10,9                        | 10   | 142,1              | 48,0                 |
| 5,7                         | 10   | 62,5               | 28,9              | 9,1                         | 10   | 57,1               | 31,3                 |
| 5,3                         | 23   | 90,9               | 22,0              | 6,6                         | 11   | 99,5               | 31,1                 |
| 6,5                         | 23   | 152,7              | 39,2              | 11,8                        | 11   | 155,9              | 41,2                 |
| 3,3                         | 23   | 61,8               | 24,6              | 7,4                         | 11   | 56,4               | 28,0                 |
| 3,6                         | 24   | 94,8               | 17,7              | 3,3                         | 28   | 101,1              | 21,7                 |
| 5,3                         | 24   | 153,9              | 32,0              | 6,0                         | 28   | 166,1              | 37,7                 |
| 3,6                         | 24   | 59,1               | 23,5              | 4,4                         | 28   | 65,0               | 25,0                 |
| 5,5                         | 15   | 105,4              | 23,9              | 6,9                         | 12   | 118,6              | 18,7                 |
| 7,8                         | 15   | 163,8              | 39,6              | 11,4                        | 12   | 190,0              | 21,3                 |
| 4,9                         | 15   | 58,3               | 19,0              | 5,5                         | 12   | 71,4               | 14,0                 |

| Signifikanz | F berechnet | Signifikanz | F berechnet |
|-------------|-------------|-------------|-------------|
| ++          | 1,6         | —           | 1,6         |
| ++          | 1,1         | —           | 1,7         |
| —           | 0,8         | —           | 0,6         |

9. Literaturverzeichnis

1. CODY, D.T.R.,  
R.G. BICKFORD  
Cortical audiometry, an objektive  
method of evaluating auditory acuity  
Proc.Mayo.Clin. 40 273 (1965)
2. DAVID, E.,  
P. FINKENZELLER,  
M. SPRENG  
Komplexe akustisch evozierte Poten-  
tiale der wachen Katze (implantier-  
te Elektroden).  
Pflügers Arch.ges.Physiol. 45 291  
(1966)
3. DAVIS, H.,  
N. YOSHIE  
Human cortical responses to audi-  
tory stimuli.  
Physiologist 6 164 (1963)
4. DAWSON, G.D.  
Cerebral responses to electrical  
stimulation of peripheral nerve in man.  
J.Neurol.Neurol.Psychiat. 10 134  
(1947)
5. DERBYSHIRE, A.J.,  
M.Mc. DERMOTT  
Further Contrictions to the EEG  
Methode of Evaluating Auditory Func-  
tion.  
Laryngoscope 68 558 (1958)
6. GEISLER, C.H.,  
L.S. FRISCHKOPF,  
W.A. ROSENBLITH  
Extracranial responsis to acoustic  
clicks in man.  
Science 128 1210 (1958)
7. KEIDEL, W.D.,  
M. SPRENG  
Elektronisch gemittelte langsame  
Rindenpotentiale des Menschen bei

- akustischer Reizung.  
Acta oto-laryng. (Stockholm) 56  
318 (1963)
8. KEIDEL, W.D.      Quantitative Korrelation zwischen  
objektiver und subjektiver Sinnes-  
physiologie.  
In: H. Frank  
Kybernetik-Brücke zwischen den Wis-  
senschaften.  
3. Aufl. Frankfurt 1964 35-40
9. KEIDEL, W.D.      Kybernetische Leistungen des  
menschlichen Organismus.  
Elektrotechn.Z. 24 769 (1964)
10. KEIDEL, W.D.      Neuere Ergebnisse der Physiologie  
des Hörens.  
Arch. Ohr.-, Nas.-, Kehl.-Heilk.  
185 548 (1965)
11. KEIDEL, W.D.,      Neurophysiological evidence for the  
M. SPRENG      Stevend Power functions in man.  
J.acoust.Amer. 38 191 (1965)
12. KEIDEL, W.D.,      Audiometric Aspects and Multisen-  
M. SPRENG      sory Power-functions of Electro-  
nically averaged slow evoked cor-  
tical responses in man.  
Acta oto-laryng. 59 201 (1965)
13. KEIDEL, W.D.      Anatomie und Elektrophysiologie  
der zentralen akustischen Bahnen.

- In: J.Berendes, R.Link, F.Zöllner  
Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde Bd. III,3  
Stuttgart 1966 2013-2112
14. PERL, E.R.,  
R. GALAMBOS,  
A. GLORIG  
The Estimation of Hearing Threshold  
by Electroencephalography.  
Electroencephal. and Clin. Neuro-  
physiol. 5 501 (1953)
15. ROSENBLITH, W.A.,  
M.R. ROSENZWEIG  
Electrical responses to acoustic  
click influence of electrode lo-  
cation in cats.  
J.Acoust.Soc.Amer. 23 583 (1951)
16. RUBEN, R.J.,  
J.E. BORDLEY,  
A.T. LIEBERMANN  
Cochlear potentials in man.  
Laryngoscope 71 1141 (1961)
17. SPRENG, M.,  
W.D. KEIDEL  
Human evoked cortical responses to  
auditory stimuli: Interaction, time  
course of adaptation, influence of  
stimuli parameters.  
Excerpta Medica, Int. Congr.Ser. 48  
100 (1962)
18. SPRENG, M.,  
W.D. KEIDEL  
Neue Möglichkeiten der Untersuchung  
menschlicher Informationsverarbei-  
tung.  
Kybernetik 1 243 (1963)
19. SPRENG, M.,  
W.D. KEIDEL  
Objektive Audiometrie  
Pflüger Archiv ges. Physiol. 281  
219 (1964)

20. SPRENG, M.,  
W.D. KEIDEL  
Cerebroaudiogramm, Neuroaudiogramm  
und Otoaudiogramm in der objekti-  
ven Audiometrie.  
Arch.Ohr.-Nas.-Kehlk.-Heilk. 189  
225 (1967)
21. STANGE, G.  
Adaptation. Ein Kriterium zur Funk-  
tion des akustischen Sinnessystems.  
Arch.Ohr.-Nas.-Kehlk.-Heilk. 187  
605 (1966)
22. STANGE, G.,  
T. SODA,  
F. ZÖLLNER  
Objektive Beurteilung des mensch-  
lichen Gehörs mittels Computer-  
Technik.  
DMW 93 379 (1968)
23. THEISSING, G.,  
J. THEISSING  
Beitrag zur Frage der objektiven Hör-  
prüfung mittels EEG.  
Z.Laryng. 43 729 (1964)
24. THEISSING, J.  
Klinische Möglichkeiten und Ergeb-  
nisse der objektiven Audiometrie  
mit Computertechnik.  
Arch.Ohr.-Nas.-Kehlk.-Heilk. 187  
612 (1966)
25. THEISSING, J.  
Möglichkeiten zentraler Hörbahndia-  
gnostik mittels Computeraudiometrie.  
Arch.Ohr.-Nas.-Kehlk.-Heilk. 189 1  
(1967)
26. THEISSING, J.  
Untersuchungen zur Bedeutung des

Zeitfaktors in der objektiven  
Audiometrie.

Z.Laryng. 46 9 (1967)

27. THEISSING, J.

Über Beziehungen von Computer-  
audiogrammen und konventionellen  
Audiogrammen.

Z.Laryng. 46 455 (1967)

28. THEISSING, J.

Objektive Hörprüfungen im Kindes-  
alter.

Med.Habil.Schr. Mainz 1968



An dieser Stelle möchte ich Herrn Prof. Dr. J. Theissing für die Überlassung des Themas sowie einiger Untersuchungsunterlagen und seine freundliche Unterstützung bei der Durchführung dieser Arbeit recht herzlich danken.

Ebenso danke ich Frau Dipl. Phys. Hahn vom Institut für Medizinische Statistik und Dokumentation für die freundliche Betreuung bei der statistischen Auswertung.



## Lebenslauf

Ich, Helga Reinhardt, geb. Stroh, wurde am 9. Januar 1948 als Tochter des Zahnarztes Dr. Julius Stroh und seiner Ehefrau Elisabetha, geb. Scheib, in Sobernheim geboren.

Das Abitur bestand ich am 22. Oktober 1966 am Paul-Schneider-Gymnasium in Meisenheim. Zum Wintersemester 1966/67 immatrikulierte ich mich an der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz zum Studium der Zahnheilkunde. Nach dem Sommersemester 1967 bestand ich die naturwissenschaftliche Vorprüfung für Zahnmediziner und nach dem Wintersemester 1968/69 die zahnärztliche Vorprüfung. Nach weiterem Studium in Mainz legte ich dort am 30. November 1971 die zahnärztliche Prüfung ab und erhielt am 19. Januar 1972 die Bestallung als Zahnärztin.

Am 14. Januar 1972 heiratete ich den Zahnarzt Wolfgang Reinhardt. Seit dem 1. Februar 1972 bin ich als Assistentin in der Praxis meines Vaters tätig. Unsere Tochter wurde am 1. Juni 1973 geboren.





